

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Herr  
**Dominik Kravanja**

**Variantenvergleich von  
Mittelspannungsschalt-  
anlagen im 24kV Bereich**

Graz, 2017



# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Variantenvergleich von Mittelspannungsschalt- anlagen im 24kV Bereich**

Autor:

**Herr**

**Dominik Kravanja**

Studiengang:

**Maschinenbau-Gebäudetechnik**

Seminargruppe:

**KM12wGGA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. Ing. Ralf Hartig**

Zweitprüfer:

**Dipl.-Ing. (FH) Mario Gehre**

Einreichung:

**Mittweida, 31.01.2017**

Verteidigung/Bewertung:

**Graz, 2017**

# **DIPLOMATHESES**

---

## **Comparison of variants of 24kV medium voltage switch- gears**

author:

**Mr.**

**Dominik Kravanja**

course of studies:

**Mechanical engineering and building -  
technology**

seminar group:

**KM12wGGA**

first examiner:

**Prof. Dr. Ing. Ralf Hartig**

second examiner:

**Dipl.-Ing. (FH) Mario Gehre**

submission:

**Mittweida, 31.01.2017**

defence/ evaluation:

**Graz, 2017**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Kravanja, Dominik:

Variantenvergleich von Mittelspannungsschaltanlagen im 24kV Bereich. - 2017. - 60 Seiten, 1 Anlage, Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Diplomarbeit, 2017

## **Referat:**

Meine Motivation für das Verfassen dieser Arbeit war es, einen Vergleich der bei uns im Unternehmen am häufigsten eingesetzten Mittelspannungsschaltanlagen anzustellen. Zu diesen am meist eingesetzten Anlagen zählen die gasisolierten Schaltanlagen des Herstellers Schneider Electric und die luftisolierten Schaltanlagen des Herstellers ABB. Dabei wurden die Typen und Schaltfeldvarianten nach Häufigkeit des Einsatzes innerhalb unseres Unternehmens ausgewählt.

Diese Arbeit soll als zukünftige Hilfestellung für neu eintretende Mitarbeiter in der Planungsabteilung sein, um so die am öftesten eingesetzten Schaltanlagen kennenzulernen und nicht wertvolle Zeit während der Einschulungsphase aufgrund von Recherchen der Kataloge und Internetseiten zu verlieren. Sie soll auch eine Unterstützung für die Auswahl der geeigneten Mittelspannungsschaltanlage laut Ausschreibung in der Angebotsphase sein.

# Inhalt

## Inhalt I

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Allgemeines über Schaltanlagen .....	1
1.2 Allgemeine Definition.....	2
<b>2 Mittelspannungsschaltanlagen Grundlagen.....</b>	<b>3</b>
2.1 Metallgekapselte Schaltanlagen .....	3
2.1.1 Einsatzgebiete.....	3
2.1.1.1 Energieversorger.....	3
2.1.1.2 Industrie .....	3
2.1.1.3 Infrastruktur und Transport .....	3
2.1.2 Schotträume.....	4
2.1.2.1 Klassifizierung nach Zugänglichkeit.....	4
2.1.2.2 Kategorisierung nach dem Verlust der Betriebsverfügbarkeit .....	4
2.1.3 Isoliermedien.....	5
2.1.4 Schutzarten .....	5
2.1.5 Schaltgeräte und Wandler .....	6
2.1.5.1 Leistungsschalter .....	6
2.1.5.2 Trennschalter .....	7
2.1.5.3 Erdungsschalter .....	7
2.1.5.4 Stromwandler .....	7
2.1.5.5 Spannungswandler.....	7
2.1.6 Störlichtbogen .....	8
2.1.6.1 Ursachen für die Entstehung eines Störlichtbogens .....	9
2.1.6.2 Kriterien für das Erreichen der Störlichtbogenqualifikation.....	9
2.1.6.3 Beispiel für die Kennzeichnung der Störlichtbogenqualifikation .....	10
2.1.7 Niederspannungsnische .....	10
<b>3 Abschätzung des Druckanstiegs .....</b>	<b>11</b>
3.1 Kenndaten.....	11

3.1.1	Richtwerte für zulässige Drücke .....	12
3.2	<i>Eingabe der Kenndaten und Auswertung</i> .....	12
3.2.1	Eingabe der Daten für den Raum und den Einbauten .....	13
3.2.2	Eingabe der Berechnungsdaten und Auswertung .....	14
3.2.2.1	Maßnahmen bei erhöhtem Druck .....	15
<b>4</b>	<b>Gasisolierte Schaltanlage GMA ESS .....</b>	<b>16</b>
4.1	<i>Allgemeines</i> .....	16
4.1.1	Technische Daten .....	16
4.1.2	Störlichtbogenqualifikation .....	17
4.1.3	Zugänglichkeit der Schotträume .....	17
4.2	<i>Funktionseinheiten</i> .....	17
4.2.1	Funktionseinheit Leistungsschalterabgang .....	17
4.2.1.1	Mechanischer Aufbau .....	18
4.2.1.2	Hauptabmessungen .....	19
4.2.2	Funktionseinheit Lasttrennschalter-Sicherungskombination .....	19
4.2.2.1	Beschreibung .....	19
4.2.2.2	Mechanischer Aufbau .....	19
4.2.2.3	Hauptabmessungen .....	20
4.2.3	Raumbedarf .....	21
4.2.3.1	Aufstellung an der Wand .....	21
4.2.3.2	Aufstellung im Raum .....	22
<b>5</b>	<b>Luftisolierte Schaltanlage ABB ZS1 ESS .....</b>	<b>23</b>
5.1	<i>Allgemeines</i> .....	23
5.1.1	Technische Daten .....	23
5.1.2	Störlichtbogenqualifikation .....	24
5.1.3	Zugänglichkeit der Schotträume .....	24
5.2	<i>Funktionseinheiten</i> .....	24
5.2.1	Funktionseinheit Leistungsschalterabgang .....	24
5.2.1.1	Leistungsschalter VD4 .....	24
5.2.1.2	Mechanischer Aufbau .....	25
5.2.1.3	Hauptabmessungen bis 1250A Nennstrom .....	26
5.2.2	Funktionseinheit Lasttrennschalter mit Sicherung .....	26
5.2.2.1	Mechanischer Aufbau .....	26
5.2.2.2	Hauptabmessungen .....	27
5.2.2.3	Raumbedarf .....	28
<b>6</b>	<b>Vergleich der Kenndaten ESS .....</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>Gasisolierte Schaltanlage GHA DSS .....</b>	<b>30</b>

7.1	<i>Allgemeines</i> .....	30
7.1.1	Technische Daten .....	30
7.1.2	Störlichtbogenqualifikation.....	31
7.1.3	Zugänglichkeit der Schotträume .....	31
7.2	<i>Funktionseinheiten</i> .....	31
7.2.1	Funktionseinheit Leistungsschalterabgang .....	31
7.2.2	Mechanischer Aufbau.....	32
7.2.2.1	Hauptabmessungen bis 1250A Nennstrom .....	33
7.2.3	Funktionseinheit Längskupplung .....	33
7.2.3.1	Mechanischer Aufbau.....	33
7.2.3.2	Hauptabmessungen .....	34
7.2.4	Funktionseinheit Querkupplung .....	34
7.2.4.1	Mechanischer Aufbau.....	34
7.2.4.2	Hauptabmessungen .....	35
7.2.5	Raumbedarf .....	36
7.2.5.1	Aufstellung an der Wand .....	36
7.2.5.2	Aufstellung frei im Raum .....	37
<b>8</b>	<b>Luftisolierte Schaltanlage ZS1 DSS</b> .....	<b>38</b>
8.1	<i>Allgemeines</i> .....	38
8.1.1	Technische Daten .....	38
8.1.2	Störlichtbogenqualifikation.....	39
8.1.3	Zugänglichkeit der Schotträume .....	39
8.2	<i>Funktionseinheiten</i> .....	39
8.2.1	Funktionseinheit Leistungsschalterabgang .....	39
8.2.1.1	Leistungsschalter VD4.....	39
8.2.1.2	Mechanischer Aufbau.....	40
8.2.1.3	Hauptabmessungen bis 1250A Nennstrom .....	40
8.2.2	Funktionseinheit Längskupplung .....	42
8.2.2.1	Mechanischer Aufbau.....	42
8.2.2.2	Hauptabmessungen .....	43
8.2.3	Funktionseinheit Querkupplung .....	44
8.2.3.1	Mechanischer Aufbau.....	44
8.2.3.2	Hauptabmessungen .....	44
8.2.4	Raumbedarf .....	46
<b>9</b>	<b>Vergleich der Kenndaten DSS</b> .....	<b>47</b>
<b>10</b>	<b>Auswahl der Mittelspannungsschaltanlage</b> .....	<b>49</b>
10.1	<i>Ausschreibung</i> .....	49
10.2	<i>Vergleich der Kenndaten</i> .....	50



10.3	<i>Raumbedarfsermittlung CAD .....</i>	50
10.3.1	Raumbedarfsermittlung GHA DSS .....	50
10.3.2	Raumbedarfsermittlung ZS1 DSS .....	51
10.4	<i>Berechnung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall.....</i>	52
10.4.1	Berechnung GHA DSS.....	52
10.4.2	Berechnung ABB ZS1 .....	54
10.5	<i>Kostenvergleich .....</i>	55
10.5.1	Gegenüberstellung der Kosten.....	56
10.6	<i>Zusammenfassung .....</i>	57
<b>11</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>58</b>
	<b>Literatur.....</b>	<b>59</b>
	<b>Anlagen.....</b>	<b>60</b>
	<b>Anlage.....</b>	<b>A-I</b>
	<b>Selbstständigkeitserklärung</b>	

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Schaltanlage der Klasse LSC 2B.....	5
Abbildung 2-1: Modularer Aufbau einer Schaltanlage.....	6
Abbildung 3-1: Schaltanlage vor der Störlichtbogenprüfung .....	8
Abbildung 4-1: Schaltanlage während der Störlichtbogenprüfung.....	8
Abbildung 5-1: Beispiel für die Kennzeichnung der Störlichtbogenqualifikation .....	10
Abbildung 6-1: Raumdaten und Einbauten .....	13
Abbildung 7-1: Berechnungsdaten und Auswertung .....	14
Abbildung 8-1: Mechanischer Aufbau GMA Leistungsschalterfeld.....	18
Abbildung 9-1: Mechanischer Aufbau GMA Lasttrennschalter-Sicherungskombination ...	20
Abbildung 10-1: Raumbedarf GMA ESS Aufstellung an der Wand .....	21
Abbildung 11-1: Raumbedarf GMA ESS Aufstellung im Raum .....	22
Abbildung 12-1: Leistungsschalter VD4.....	25
Abbildung 13-1: Aufbau Leistungsschalterfeld ABB ZS1 ESS .....	25
Abbildung 14-1: Aufbau Lasttrennschalter mit Sicherung ABB ZS1 ESS.....	27
Abbildung 15-1: Raumbedarf ABB ZS1 ESS .....	28
Abbildung 16-1: Mechanischer Aufbau GHA Leistungsschalterfeld .....	32
Abbildung 17-1: Mechanischer Aufbau GHA Längskupplung .....	33
Abbildung 18-1: Mechanischer Aufbau GHA Querkupplung .....	35
Abbildung 19-1: Raumbedarf GHA DSS Aufstellung an der Wand .....	36
Abbildung 20-1: Mechanischer Aufbau Leistungsschalterabgangsfeld ABB ZS1 DSS.....	40

---

Abbildung 21-1: Mechanischer Aufbau Längskupplung ABB ZS1 DSS .....	42
Abbildung 22-1: Mechanischer Aufbau Querkupplung ABB ZS1 DSS.....	44
Abbildung 23-1: Raumbedarfsermittlung GHA DSS .....	51
Abbildung 24-1: Raumbedarfsermittlung ABB ZS1 DSS .....	51
Abbildung 25-1: Basisdaten für Berechnung GHA DSS .....	52
Abbildung 26-1: Ergebnis Berechnung GHA DSS .....	53
Abbildung 27-1: Basisdaten für die Berechnung ABB ZS1 DSS.....	54
Abbildung 28-1: Ergebnis Berechnung ABB ZS1 .....	55
Abbildung A.1: Einlinienschema KUW .....	A-I

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Richtwerte für zulässige Drücke.....	12
Tabelle 2: Maximale Leistungsdaten GMA Einfachsammlerschienen .....	16
Tabelle 3: Hauptabmessungen LS-Feldvarianten GMA ESS.....	19
Tabelle 4: Hauptabmessungen Lasttrennschalter-Sicherungskombination GMA ESS.....	20
Tabelle 5: Maximale Leistungsdaten ABB ZS1 ESS.....	23
Tabelle 6: Hauptabmessungen Leistungsschalterfeld ABB ZS1 ESS .....	26
Tabelle 7: Hauptabmessungen Lasttrennschalter mit Sicherung ABB ZS1 ESS.....	27
Tabelle 8: Kenndatenvergleich ESS .....	29
Tabelle 9: Maximale Leistungsdaten GHA Doppelsammlerschienen .....	30
Tabelle 10: Hauptabmessungen LS-Feldvariante GHA DSS .....	33
Tabelle 11: Hauptabmessungen Längskupplung GHA DSS .....	34
Tabelle 12: Hauptabmessungen Querkupplung GHA DSS.....	35
Tabelle 13: Maximale Leistungsdaten ABB ZS1 DSS.....	38
Tabelle 14: Hauptabmessungen LS-Feld ABB ZS1 DSS.....	41
Tabelle 15: Hauptabmessungen Längskupplung ABB ZS1 DSS .....	43
Tabelle 16: Hauptabmessungen Querkupplung ABB ZS1 DSS.....	45
Tabelle 17: Kenndatenvergleich DSS .....	48
Tabelle 18: Schaltanlagenpezifikation laut Ausschreibung.....	50
Tabelle 19: Kostenvergleich GHA DSS mit ABB ZS1 .....	56

## Abkürzungsverzeichnis

<b>CAD</b>	Computer Aided Design, rechnergestützter Entwurf
<b>DSS</b>	Doppelsammelschiene
<b>ESS</b>	Einfachsammelschiene
<b>GHA</b>	Typenbezeichnung Schneider Electric
<b>GMA</b>	Typenbezeichnung Schneider Electric
<b>HH</b>	Hochspannung/Hochleistung
<b>IAC</b>	Internal Arc Classification
<b>LS</b>	Leistungsschalter
<b>LSC</b>	Loss of Service
<b>SF6</b>	Schwefelhexafluorid
<b>VD4</b>	Leistungsschalterbezeichnung ABB
<b>ZS1</b>	Typenbezeichnung ABB

# 1 Einleitung

In dieser Diplomarbeit werden die gasisolierten Mittelspannungsschaltanlagen des Herstellers Schneider Electric und die luftisolierten Mittelspannungsschaltanlagen des Herstellers ABB bearbeitet. Dabei handelt es sich um die Schaltanlagen GMA, ZS1 mit Einfachsammschiene und GHA, ZS1 mit Doppelsammschiene. Bei den Einfachsammschienenvarianten werden das Leistungsschalterabgangsfeld und das Lasttrennschalter-Sicherungsfeld behandelt, bei den Doppelsammschienenvarianten das Leistungsschalterabgangsfeld, das Längskupplungsfeld und das Querkupplungsfeld. Beide Varianten werden im Spannungsbereich bis 24kV betrachtet. Die Auswahl der Feldvarianten und des Spannungsbereiches wurden nach Rücksprache mit dem Unternehmen gewählt, da diese Varianten eine Anwendung in unserem Unternehmen von etwa 95% haben.

## 1.1 Allgemeines über Schaltanlagen

Eine Schaltanlage ist eine Anlage, in der elektrische Energie verteilt wird. Es gibt drei Arten von Schaltanlagen. Es gibt die Niederspannungsschaltanlagen, die Mittelspannungsschaltanlagen und die Hochspannungsschaltanlagen. Diese drei Arten können als gasisolierte Schaltanlage oder luftisolierte Schaltanlagen ausgeführt werden. Niederspannungsschaltanlagen und Mittelspannungsschaltanlagen werden meistens in geschlossenen Räumen aufgestellt, dem sogenannten Schaltanlagenraum. Das Herzstück der Schaltanlage ist der Leistungsschalter und die dazugehörigen Sammschienen. Die Sammschienen verbinden ankommende und abgehende Leitungen miteinander- diese werden auch Abzweige genannt. Es gibt unterschiedliche Varianten von Abzweigen. Es gibt Abzweige für Einspeisungen, Abgängen und Kupplungen. Schaltanlagen ermöglichen bei Störungen eine Änderung der Netztopologie und das Freischaften und Erden von Betriebsmitteln für Wartungsarbeiten. Man unterscheidet Schaltanlagen nach dem Aufstellungsort, der Netzebene und der Bauform.

## 1.2 Allgemeine Definition

*Laut DIN VDE 0670 Teil 6 ist eine Schaltanlage eine Kombination von Schaltgeräten mit zugehörigen Steuer-, Mess-, Schutz- und Regeleinrichtungen sowie Baugruppen aus derartigen Geräten und Einrichtungen mit den dazugehörigen Verbindungen, Zubehörteilen, Kapseln und tragenden Gerüsten.*<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Elektrische Antriebstechnik, Wilfried Kniess/Klaus Schierack

## 2 Mittelspannungsschaltanlagen Grundlagen

### 2.1 Metallgekapselte Schaltanlagen

Metallgekapselte Schaltanlagen sind in der Regel typengeprüfte Schaltanlagen. *Diese müssen so gebaut werden, dass sie hinsichtlich ihres Isolationsvermögens, ihres Schutzgrades, ihrer Stromtragfähigkeit, ihres Schaltvermögens und ihrer mechanischen Funktion die Prüfbestimmungen erfüllen<sup>2</sup>.*

#### 2.1.1 Einsatzgebiete

Schaltanlagen haben ein großes Einsatzspektrum. Die Gängigsten werden in folgenden Unterkapiteln in die jeweiligen Bereiche unterteilt.

##### 2.1.1.1 *Energieversorger*

- Umspannwerke
- Schaltstationen
- Haupt- und Nebenschaltanlagen

##### 2.1.1.2 *Industrie*

- Öl- und Gasindustrie
- Automobilindustrie
- Verfahrenstechnik

##### 2.1.1.3 *Infrastruktur und Transport*

- Flughäfen
- Bahnhöfen
- Einkaufszentren
- Krankenhäusern

---

<sup>2</sup> VDE 0671 Teil 200



### 2.1.2 Schotträume

Früher gab es bei den metallgekapselften Schaltanlagen drei Unterteilungen der Schotträume:

- geschottet
- teilgeschottet
- metallgeschottet

Anstelle dieser Definitionen der Schottung, gibt es laut VDE 0671 Teil 200 die Klassifizierung nach Zugänglichkeit des Schottraumes und die Kategorisierung nach dem Verlust der Betriebsverfügbarkeit (LSC= Loss of Service Continuity)<sup>3</sup>.

#### 2.1.2.1 Klassifizierung nach Zugänglichkeit

- Verriegelungsgesteuert zugänglicher Schottraum:  
Integrale Verriegelung gibt den Zugang frei zum Öffnen für normalen Betrieb/ Instandhaltung.
- Verfahrensbasiert zugänglicher Schottraum:  
Zugang ist durch Arbeitsverfahren/ Schloss geregelt zum Öffnen für normalen Betrieb/Instandhaltung.
- Werkzeugbasiert zugänglicher Schottraum:  
Nicht für normalen Betrieb/ Instandhaltung mit Werkzeug möglich zu öffnen
- Nicht zugänglicher Schottraum:  
Ein Öffnen ist nicht erlaubt, es würde den Schottraum zerstören.

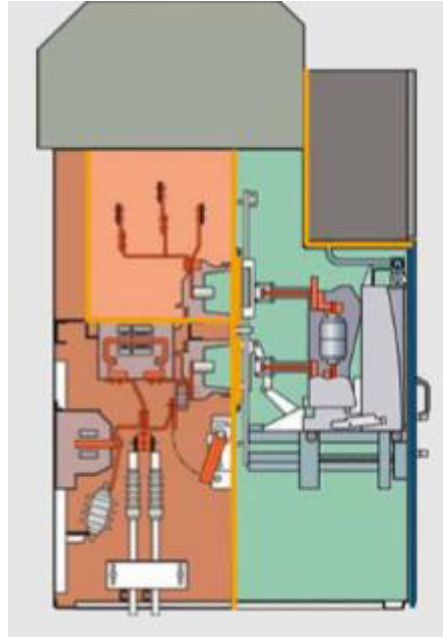
#### 2.1.2.2 Kategorisierung nach dem Verlust der Betriebsverfügbarkeit

- LSC 1:  
Dies ist die niedrigste Stufe. Sie bedeutet, dass der Schottraum zugänglich ist, jedoch muss bei der Öffnung ein weiteres Schaltfeld außer Betrieb gesetzt werden. Wird der Sammelschienenraum geöffnet, müssen alle Felder im betroffenen Abschnitt freigeschaltet werden.
- LSC 2A:  
Das Schaltfeld muss komplett außer Betrieb genommen werden, bevor der Schottraum geöffnet wird. Das Schaltfeld hat Zwischenwände zu seinen Nachbarfeldern und besteht aus mindestens zwei Schotträumen.

---

<sup>3</sup> ABB Schaltanlagenhandbuch 12. Auflage, Stefan Kämpfer/Gerald Kopatsch

- **LSC 2B:**  
Diese Klasse hat die geringsten Einschränkungen an Betriebsverfügbarkeit. Dies bedeutet, dass alle anderen Felder beim Öffnen des Schottraumes in Betrieb bleiben. Das Schaltfeld hat Zwischenwände zu seinen Nachbarn und hat mindestens drei Schotträume. Die nachstehende Abbildung 1-1 zeigt eine Schaltanlage mit drei Schotträumen.



**Abbildung 1-1: Schaltanlage der Klasse LSC 2B**

### 2.1.3 Isoliermedien

Metallgekapselte Schaltanlagen können aus verschiedenen Isoliermedien bestehen. Es gibt Schaltanlagen bei denen Luft als gasförmiges Isoliermedium innerhalb der Schaltfelder dient, aber auch Schaltanlagen, bei denen ein Isoliermedium in Form von Flüssigkeiten oder Gas (SF<sub>6</sub>) als Isoliermedium genutzt wird.

### 2.1.4 Schutzarten

Laut DIN EN 62271-200 muss die Mindestschutzart der Schaltanlage IP2X betragen. Dies bedeutet, dass die Anlage Schutz gegen annähernde Personen an unter Spannung stehenden Teilen und Berühren von beweglichen Teilen bietet. Sie stellt auch einen Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern dar. Die Schutzarten der gasisolierten Schaltanlagen von Schneider Electric der Type GMA und GHA, sowie auch der luftisolierten Anlage von der Firma ABB der Type ZS1 werden in den jeweiligen Kapiteln der betroffenen Schaltanlage erläutert.

## 2.1.5 Schaltgeräte und Wandler

Eine Mittelspannungsschaltanlage besteht aus mehreren Schaltgeräten. Das Herzstück jeder Anlage ist der Vakuum-Leistungsschalter. Weitere Schaltgeräte befinden sich in einer Mittelspannungsschaltanlage, nämlich der Trennschalter und der Erdungsschalter. In Abbildung 2-1 ist ein Beispiel für den modularen Aufbau einer Schaltanlage dargestellt. Jede Schaltanlage kann zusätzlich mit Stromwandlern und Spannungswandlern ausgestattet werden.



**Abbildung 2-1: Modularer Aufbau einer Schaltanlage**

### 2.1.5.1 Leistungsschalter

*Ein Leistungsschalter ist ein Schaltgerät, der unter normalen Bedingungen fähig ist, im Stromkreis auftretende Ströme einzuschalten und auszuschalten. Bei abnormalen Bedingungen im Stromkreis, wie etwa bei einem Kurzschluss, ist dieser in der Lage Ströme ein- und auszuschalten.*<sup>4</sup> Leistungsschalter werden nach dem Abschaltvermögen, ihrer Bauart und dem Vermögen Kurzschlussströme zu begrenzen unterschieden.

<sup>4</sup> Auszug aus IEC 947-1

### **2.1.5.2 Trennschalter**

Ein Trennschalter ist ein Schaltgerät, das beim Ausschalten eine Trennstrecke herstellt. Sie können einen Stromkreis öffnen oder schließen, wenn ein vernachlässigbarer Strom ( $<0,5$  Ampere) geschaltet wird oder wenn keine wesentliche Änderung der Spannung zwischen den Anschlüssen der Pole eintritt.<sup>5</sup>

### **2.1.5.3 Erdungsschalter**

Ein Erdungsschalter ist ein Schaltgerät zum Erden und Kurzschließen von Stromkreisen. Er hat die Eigenschaft im Falle eines Kurzschlusses, Ströme zu führen können.

### **2.1.5.4 Stromwandler**

Stromwandler werden zur Speisung von Mess- und Schutzeinrichtungen verwendet. Der den Stromwandler kennzeichnende primäre Bemessungsstrom sollte so gewählt werden, dass er etwa 10%-40% über dem zu erwartenden Betriebsstrom liegt. Der gewählte Bemessungsstrom muss aus den zur Verfügung stehenden Standardwerten gewählt werden. Die Stromwandler sollen den Primärstrom nach Größe und Phasenlage innerhalb vorgeschriebener Fehlergrenzen übertragen. Die Übertragungsfehler entstehen im Wesentlichen durch den Magnetisierungsstrom. Damit dieser, wie auch die Übertragungsfehler klein bleiben, werden Stromwandler mit hochwertigen Magnetkernen ausgerüstet. Bei Stromwandlern wird die Primärwicklung vom Betriebsstrom durchflossen. Im Bereich der Mittelspannung sind Stromwandler als Gießharzstromwandler ausgeführt.<sup>5</sup>

### **2.1.5.5 Spannungswandler**

Spannungswandler müssen den Nennspannungen und den Überspannungen am Einsatzort standhalten. Zum Nachweis werden, abhängig von der höchsten Betriebsmittelspannung, Prüfspannungen und Abläufe definiert, denen der Spannungswandler als Typ- oder als Stückprüfung unterworfen wird. Entscheidend für die Auswahl von Spannungswandlern sind die Werte der primären und sekundären Bemessungsspannung, die Bemessungsleistung und die Klassengenauigkeit der Wandler Wicklungen, sowie der Bemessungsspannungsfaktor. Bei Spannungswandlern liegt die Primärwicklung an der Betriebsspannung. Im Bereich der Mittelspannung können Spannungswandler als metallgekapselte und als Gießharzwandler ausgeführt werden.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> ABB Schaltanlagenhandbuch 12. Auflage, Stefan Kämpfer/Gerald Kopatsch

### 2.1.6 Störlichtbogen

Ein Störlichtbogen in einer Schaltanlage ist das Resultat eines plötzlichen Stromflusses aufgrund eines Fehlers zwischen den Phasen einer Schaltanlage oder zur Erde. Störlichtbögen in Schaltanlagen sind eher seltene Ereignisse, können aber plötzlich eintreten wie etwa bei einem Blitzeinschlag. Sollte es zu einem Störlichtbogenfehler kommen, verursacht dieser innerhalb von ein paar Millisekunden einen enormen Druckanstieg<sup>6</sup>. Die aus der Schaltanlage strömenden Gase bewirken auch im Schaltanlagenraum einen enormen Überdruck, der über entsprechende Druckentlastungseinrichtungen abgebaut werden müssen. Für diese Entlastung dient bei Mittelspannungsschaltanlagen der Druckkanal und die vorgegebene Ausblasrichtung. Die Ausblasrichtungen der Schaltanlagen sind vom Hersteller abhängig und können im Fall des Störlichtbogens nach unten in den Kabelkeller, seitlich nach außen und nach oben ins Freie abführen. Jede typengeprüfte Schaltanlage muss sich einer Störlichtbogenprüfung unterziehen um die Störlichtbogenqualifikation IAC (=Internal Arc Classification) zu erreichen. Abbildung 3-1 und Abbildung 4-1 zeigen eine Schaltanlage vor und während einer Störlichtbogenprüfung.



**Abbildung 3-1: Schaltanlage vor der Störlichtbogenprüfung**



**Abbildung 4-1: Schaltanlage während der Störlichtbogenprüfung**

---

<sup>6</sup> Workshop „Störlichtbögen“, Thomas Göhlsch

### **2.1.6.1 Ursachen für die Entstehung eines Störlichtbogens**

Ursachen für die Entstehung eines Störlichtbogens, innerer Fehler, können sein:

- Material- oder Funktionsfehler von Geräten
- Falsche Dimensionierung
- Überbeanspruchung, Verschmutzung und Feuchtigkeit
- Kleintiere und andere Fremdkörper
- Fehlerhaft ausgeführte Kabelanschlüsse

### **2.1.6.2 Kriterien für das Erreichen der Störlichtbogenqualifikation**

Für das Erreichen der Störlichtbogenqualifikation müssen folgende fünf Kriterien erfüllt werden<sup>7</sup>:

- Kriterium 1:  
Gesicherte Türen und Abdeckungen haben sich nicht geöffnet.
- Kriterium 2:  
Innerhalb der festgelegten Prüfdauer wurde die Kapselung nicht aufgerissen und es wurden keine Teile weggeschleudert.
- Kriterium 3:  
Es sind keine Löcher bis zu einer Höhe von zwei Meter in den zugänglichen Seiten entstanden.
- Kriterium 4:  
Die horizontalen und vertikalen Indikatoren haben sich nicht durch die Wirkung des heißen Gases entzündet.
- Kriterium 5:  
Die Erdverbindungen der Kapselung bleiben wirksam.

---

<sup>7</sup> Mittelspannungsverteilung Katalog GMA, Schneider Electric

### 2.1.6.3 Beispiel für die Kennzeichnung der Störlichtbogenqualifikation

Hat eine Schaltanlage alle Kriterien für die Qualifikation der Störlichtbogenprüfung erfüllt, bekommt diese die Bezeichnung IAC. Für die Zugänglichkeit gibt es bei der Qualifikation mehrere Ausführungen, wie in Abbildung 5-1 dargestellt<sup>8</sup>.

#### IAC A FLR 31,5 kA, 1s

<b>IAC</b>	Internal Arc Classification Störlichtbogenqualifikation	
<b>A</b>	Accessibility A Restricted to authorized personnel only Zugänglichkeitsgrad A Nur für befugtes Personal	
<b>F</b>	For front side Für die Vorderseite	
<b>L</b>	For lateral side Für die Seitenfläche	
<b>R</b>	For rear side Für die Rückseite	
<b>31.5 kA</b>	Arc fault current <b>31.5 kA</b> Lichtbogenstrom 31,5 kA	
<b>1s</b>	Arc fault duration <b>1s</b> Lichtbogendauer 1s	

Abbildung 5-1: Beispiel für die Kennzeichnung der Störlichtbogenqualifikation

### 2.1.7 Niederspannungsnische

Die Niederspannungsnische besteht konstruktiv aus dem Gehäuse und der Türe und ist oberhalb des Primärteils der Mittelspannungsschaltanlage angeordnet. Sie ist als eigenständige Funktionseinheit berührungssicher und metallgekapselt vom Hochspannungsteil und von der Antriebseinheit abgeschottet. Sie bildet das Bindeglied zwischen Primärteil und Sekundärteil. In ihr sind die benötigten Kontakte und Antriebe einer Mittelspannungsschaltanlage. Die Geräte für die digitale und analoge Anzeige sowie die Bedienung sind in der Türe eingebaut. Dies sind meist die kundenspezifischen Geräte wie etwa die Kombigeräte für den Netzschutz.

<sup>8</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GMA, Schneider Electric

## 3 Abschätzung des Druckanstiegs

Für die Abschätzung des Druckanstiegs wird eine firmeninterne Anwendung verwendet. In der durch Eingabe der wichtigsten Kenndaten man eine Abschätzung des Druckanstiegs erhält. Diese ersetzt jedoch nicht die Druckberechnung des Schaltanlagenherstellers und dient nur zur ersten Aussortierung der Mittelspannungsschaltanlagen, die den Druck für das vorgegebene Ausschreibungsobjekt überschreiten würden.

### 3.1 Kenndaten

Damit eine Auswertung für die Abschätzung des Druckanstiegs möglich ist, müssen in der Vorlage folgende Werte<sup>9</sup> eingetragen werden:

- Abmessungen des Schaltanlagenraumes
- Abmessungen der Einbauten
- Kurzschlussstrom  $I_k$  in Ampere
- Anteil der Lichtbogenleistung, die zur Erwärmung der Luft beiträgt  $K_p$ 
  - Transferkoeffizient  $K_p$  wird immer mit 0,7 angenommen
- Lichtbogenspannung  $U_B$  in Volt
  - Richtwert für gasisoliert  $U_B = 950V$
  - Richtwert für luftisoliert  $U_B = 500V$
- Isentropen Exponent für das Gas in dem der Lichtbogen brennt  $\kappa$ 
  - Physikalische Konstante für Luft  $\kappa = 1,40$
  - Physikalische Konstante für Gas  $\kappa = 1,08$

Werte für die Druckentlastung wie der Lüftungsquerschnitt  $A_{DE}$  und die Wandstärke  $l_{DE}$  werden laut Ausschreibung vorgegeben oder müssen selbst dimensioniert werden, damit der Druck im Störlichtbogenfall für das Objekt nicht zu groß ist.

---

<sup>9</sup> Intranet.eqos- energie.com\Anwendungen



### 3.1.1 Richtwerte für zulässige Drücke

Die Richtwerte<sup>10</sup> sind laut Tabelle 1 wie folgt definiert:

Art der Wand	zulässiger Druck
Ziegelwand	3-10 mbar
Bewehrte Ziegelwand	25 mbar
Fertigbetonelemente	50 mbar
Ortbeton	>70 mbar
Betonraumzellen	160 mbar

**Tabelle 1: Richtwerte für zulässige Drücke**

### 3.2 Eingabe der Kenndaten und Auswertung

Für die Eingabe der Daten werden folgende Annahmen getroffen:

- Gasisolierte Schaltanlage GMA mit fünf Abgangsfeldern:
  - Breite= 0,65 Meter, Tiefe= 0,80 Meter, Höhe= 1,5 Meter
  - Abmessungen Niederspannungsnische:
    - Breite= 0,65 Meter, Tiefe= 0,40 Meter, Höhe= 1,5 Meter
- Schaltanlagenraum:
  - Breite= 2,84 Meter, Tiefe= 5,11 Meter, Höhe= 2,5 Meter
  - Bewehrte Ziegelwand
- Kurzschlussstrom  $I_k = 20.000\text{A}$

---

<sup>10</sup> Workshop „Störlichtbögen“, Thomas Göhlisch

### 3.2.1 Eingabe der Daten für den Raum und den Einbauten

Die Eingabe der Daten für den Raum und den Einbauten ergeben das Raumvolumen, das für die Berechnung der Abschätzung des Druckanstieges benötigt wird. Um das benötigte Raumvolumen zu ermitteln, wird das Volumen von den Einbauten, vom Volumen des Raumes abgezogen. In Abbildung 6-1 ist das benötigte Raumvolumen ersichtlich.

#### Abschätzung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall

Schaltanlage: **Gasisolierte Schaltanlage GMA**

##### Vorbemerkungen/Grundlagen

###### Aufstellungsplan

Die vom Hersteller geforderten Mindestabstände zw. Schaltanlage und Wänden (l., re. u. hinten >50mm) bzw. Decke (Raumhöhe mind. 2.500mm) einzuhalten.

Die Druckentlastung der Schaltanlage erfolgt nach oben in den Schaltanlagenraum

Anz.	Breite	Tiefe	Höhe	Volumen	Bemerkung
<b>Raumteile</b>					
1	2,84 m	5,11 m	2,50 m	36,28 m³	Schaltraum
0	2,84 m	5,11 m	0,80 m	0,00 m³	
0	2,84 m	1,60 m	3,60 m	0,00 m³	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³	
				36,28 m³	Raumvolumen
<b>Einbauten</b>					
5	0,65 m	0,80 m	1,50 m	3,90 m³	Schneider GMA
5	0,65 m	0,40 m	0,80 m	1,04 m³	Niederspannungsnische
0	0,60 m	0,50 m	2,00 m	0,00 m³	AC/DC Verteilung
0	0,80 m	0,50 m	2,00 m	0,00 m³	LT/EOR Schrank
0	0,60 m	0,50 m	2,00 m	0,00 m³	Gleichrichter
0	1,00 m	0,50 m	2,00 m	0,00 m³	ON Verteilung
0	0,80 m	0,80 m	2,00 m	0,00 m³	FW Schrank
0	0,60 m	0,35 m	0,60 m	0,00 m³	Ablageschrank
0	0,85 m	1,25 m	1,48 m	0,00 m³	ON Trafo 630kVA
0	1,00 m	1,55 m	1,58 m	0,00 m³	ON Trafo 1000kVA
				4,94 m³	Einbauten
				<b>V<sub>N</sub> = 31,34 m³</b>	<b>Netto-Raumvolumen</b>

Abbildung 6-1: Raumdaten und Einbauten

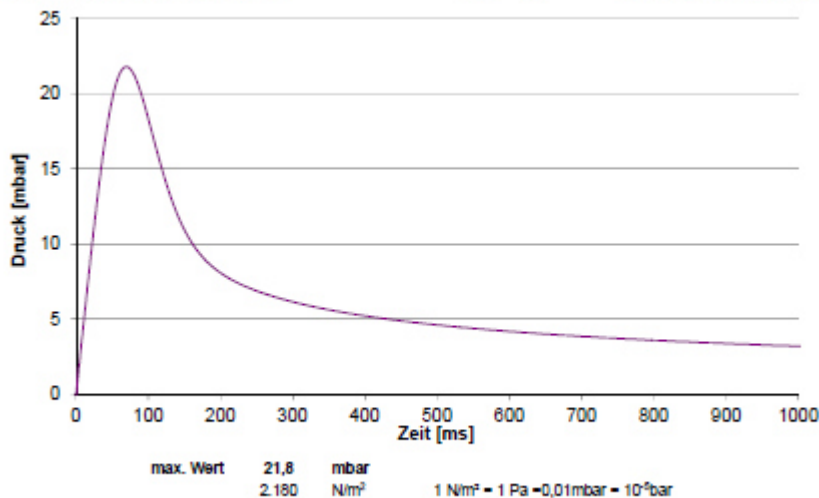
### 3.2.2 Eingabe der Berechnungsdaten und Auswertung

Nach Eingabe der erforderlichen Kenndaten und Auswahl der Schaltanlage, erhält man wie in Abbildung 7-1 ersichtlich, den maximalen Druck im Störlichtbogenfall.

#### Abschätzung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall

Schaltanlage: Gasisolierte Schaltanlage GMA

Raumvolumen in m³:	$V_R = 31,34 \text{ m}^3$	(Netto-Volumen)
Druckentlastung effektiver Querschnitt in m²:	$A_{de} = 0,626 \text{ m}^2$	Netto Lüftungsquerschnitt
Kanalänge (Wandstärke) in m:	$l_{de} = 0,1 \text{ m}$	techn. Klappenlänge
Kurzschlußstrom in A:	$I_{K''} = 20.000 \text{ A}$	
Empirisch ermittelte Faktoren / Konstanten		
Anteil der Lichtbogenleistung, die zur Erwärmung der Luft beiträgt:	$K_p = 0,7$	Transferkoeffizient (Richtwert aus div. Publikationen)
Lichtbogenleistung in V	$U_b = 350 \text{ V}$	Richtwert (aus Literatur)
Isentropenexponent für das Gas in dem der Lichtbogen brennt:	$\kappa = 1,08$	für SF6-isolierte Anlage physikal. Konstante für SF6
Gesamtfaktor	$P = 0,7182$	
Lichtbogendauer 1s, Auflösung/Zeitschritt	$\Delta t = 0,4 \text{ ms}$	(Darstellung 1s=1.000ms)



**Abbildung 7-1: Berechnungsdaten und Auswertung**

Nach dieser Auswertung erkennt man, dass aufgrund der in Kapitel 3.2 angenommenen Werte, der maximal Druck der gasisolierten Schaltanlage GMA 21,8 mbar ist, und somit unterhalb des Richtwertes für eine bewehrte Ziegelwand (25 mbar) liegt und für das angenommene Bauwerk ohne weitere Maßnahmen zulässig ist.

**3.2.2.1 Maßnahmen bei erhöhtem Druck**

Sollte eine Anlage mit den Standardwerten den zulässigen Wert für den Druck überschreiten, kann als Maßnahme für die Druckverringerung ein Druckkanal über die gesamte Anlage mit Ausleitung aus dem Gebäude installiert werden. Eine weitere Maßnahme ist die Installation von Druckklappen im Gebäude. Dazu muss der Wert für den Lüftungsquerschnitt  $A_{DE}$  so angepasst werden, dass der Druck unter dem zulässigen Druck laut Tabelle 1 Kapitel 3.1.1 liegt.

## 4 Gasisolierte Schaltanlage GMA ESS

Die gasisolierte Schaltanlage GMA in Einfachsammschienen Ausführung des Herstellers Schneider Electric ist eine typengeprüfte Mittelspannungsschaltanlage für die Primärverteilung mit Vaakumleistungsschalter-Technologie für den Einsatzbereich bis 24kV.

### 4.1 Allgemeines

#### 4.1.1 Technische Daten

In der unten angeführten Tabelle 2 sind die maximalen technischen Leistungsdaten der GMA ESS Schaltanlage angeführt<sup>11</sup>:

	12kV	15/17,5kV	24kV
Bemessungsstrom Sammelschiene	1250A	1250A	1250A
Bemessungsstrom Leistungsschalter	1250A	1250A	1250A
Bemessungsstrom Trennschalter	1250A	1250A	1250A
Bemessungsstrom Lasttrennschalter	630A	630A	630A
Bemessungs-Stossströme	63kA	63kA	63kA
Bemessungskurzzeit-Ströme	25kA 3s	25kA 3s	25kA 3s

**Tabelle 2: Maximale Leistungsdaten GMA Einfachsammschiene**

<sup>11</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GMA, Schneider Electric

### 4.1.2 Störlichtbogenqualifikation

Die gasisolierte Mittelspannungsschaltanlage GMA ESS hat standardmäßig die Störlichtbogenqualifikation IAC AFL bei einem Störlichtbogen von 25kA 1s. Optional hat sie auch die Störlichtbogenqualifikation von IAC AFLR bei einem Störlichtbogen von 25kA 1s und Installation eines Druckkanals. Dies bedeutet, dass die Schaltanlage für die Vorderseite, für die Seitenflächen und für die Rückseite alle Anforderungen erfüllt und für befugte Personen frei zugänglich ist.

### 4.1.3 Zugänglichkeit der Schotträume

Prinzipiell sind alle gasgefüllten Schotträume der GMA Schaltanlage nicht zugänglich, da ein Öffnen die Integrität der gasgefüllten Schotträume zerstören würde.<sup>12</sup> Es besteht jedoch die Notwendigkeit, dass der Kabelanschlussraum für Kabel und der Anschlussraum für die Hochspannungssicherungseinsätze für die Wartung und dem Wechsel der Einsätze zugänglich sein muss<sup>13</sup>. Da zwei Schotträume zugänglich sind, hat die gasisolierte Mittelspannungsschaltanlage eine LSC Klassifizierung von LSC2A.

## 4.2 Funktionseinheiten

Die Basisfunktionseinheiten der Schaltanlage sind die Funktionseinheit, der Leistungsschalterabgang und die Lasttrennschalter-Sicherungskombination.

### 4.2.1 Funktionseinheit Leistungsschalterabgang

Ein Leistungsschalterabgangsfeld besteht aus einem 3- poligen Vakuumleistungsschalter mit wartungsfreien Vakuum- Schalterpolen, dem 3- poligen Sammelschienenentrennschalter, dem 3- poligen Erdungsschalter, dem Stromwandler und optional dem Spannungswandler.

---

<sup>12</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GMA, Schneider Electric

<sup>13</sup> Montageanleitung Schaltanlage GMA, Schneider Electric

#### 4.2.1.1 Mechanischer Aufbau

In Abbildung 8-1<sup>14</sup> ist der gesamte mechanische Aufbau eines Leistungsschalterfeldes dargestellt.

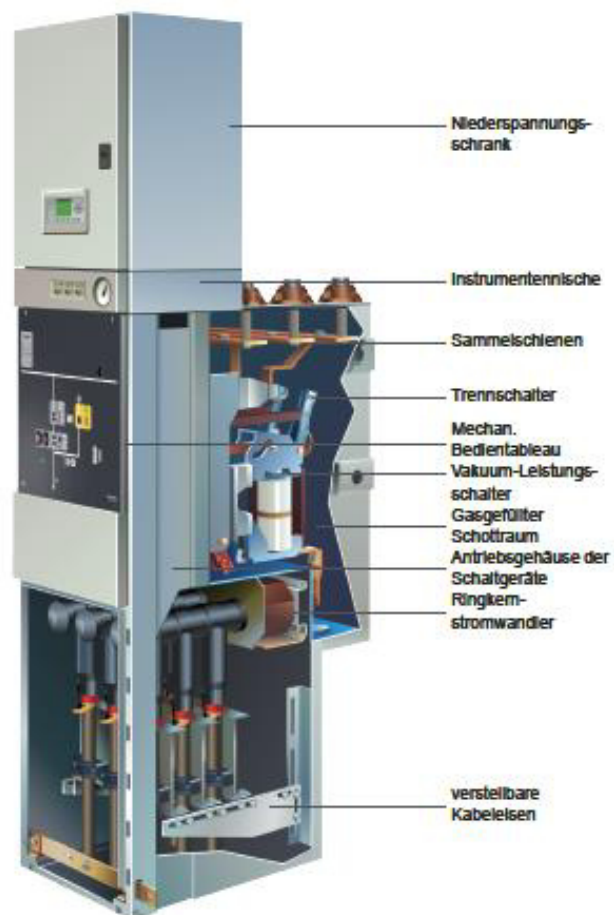


Abbildung 8-1: Mechanischer Aufbau GMA Leistungsschalterfeld

<sup>14</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GMA, Schneider Electric

#### 4.2.1.2 Hauptabmessungen

Die Hauptabmessungen der LS-Funktionseinheit gliedern sich in die Varianten bis 630A und bis 1250A. In der Tabelle 3, sind die Hauptabmessungen der jeweiligen Feldvariante inklusive der darauf platzierten Niederspannungsnische dargestellt.

Variante	Breite	Höhe	Tiefe
630A	450mm	2100mm	800mm
1250A	600mm	2100mm	800mm

**Tabelle 3: Hauptabmessungen LS-Feldvarianten GMA ESS**

### 4.2.2 Funktionseinheit Lasttrennschalter-Sicherungskombination

#### 4.2.2.1 Beschreibung

Die Funktionseinheit ist eine Kombination aus einem Lasttrennschalter und den HH-Sicherungseinsätzen. Vor und nach den HH-Sicherungen befindet sich je ein Erdschalter. Beim Auslösen einer Sicherung erfolgt mechanisch die allpolige Ausschaltung über den Auslösestift der HH-Sicherung<sup>15</sup>.

#### 4.2.2.2 Mechanischer Aufbau

Der mechanische Aufbau<sup>16</sup> der Lasttrennschalter-Sicherungskombination ist in Abbildung 9-1 dargestellt.

---

<sup>15</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GMA, Schneider Electric

<sup>16</sup> Montageanleitung Schaltanlage GMA, Schneider Electric





**Abbildung 9-1: Mechanischer Aufbau GMA Lasttrennschalter-Sicherungskombination**

#### **4.2.2.3 Hauptabmessungen**

Die Feldvariante Lasttrennschalter-Sicherungskombination hat wie in Tabelle 4 angeführt, folgende Hauptabmessungen inklusive der Niederspannungsnische:

Variante	Breite	Höhe	Tiefe
630A	450mm	2100mm	800mm

**Tabelle 4: Hauptabmessungen Lasttrennschalter-Sicherungskombination GMA ESS**

### 4.2.3 Raumbedarf

Bei der Aufstellung einer GMA Schaltanlage wird unterschieden, ob die Anlage an der Wand aufgestellt wird oder ob die Anlage frei im Raum aufgestellt wird. Eine Unterscheidung für die Aufstellung der einzelnen Funktionseinheiten gibt es nicht. Es gelten für alle Varianten die gleichen Vorschriften.

#### 4.2.3.1 Aufstellung an der Wand

Wird die Schaltanlage an der Wand aufgestellt, hat diese eine Störlichtbogenqualifikation von IAC AFL. Der Mindestabstand zur Wand muss dabei mindestens 100mm betragen und die Raumhöhe muss mindestens 2400mm hoch sein<sup>17</sup>. In Abbildung 10-1 ist der Raumbedarf dargestellt.

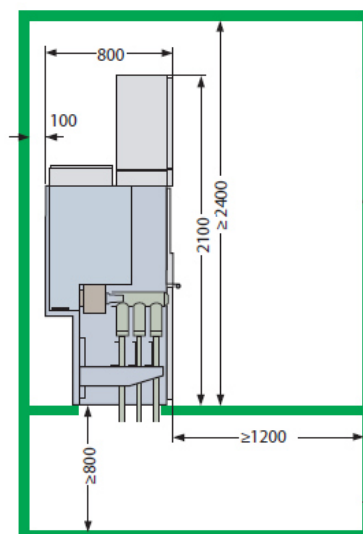


Abbildung 10-1: Raumbedarf GMA ESS Aufstellung an der Wand

---

<sup>17</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GMA, Schneider Electric

#### 4.2.3.2 Aufstellung im Raum

Die Mittelspannungsschaltanlage kann willkürlich und frei im Raum aufgestellt werden. Ist dies der Fall, dann hat sie eine Störlichtbogenqualifikation von IAC AFLR<sup>18</sup>. Die Anforderungen für das Aufstellen der Anlage im Raum mit Druckentlastungskanal sind in Abbildung 11-1 angeführt.

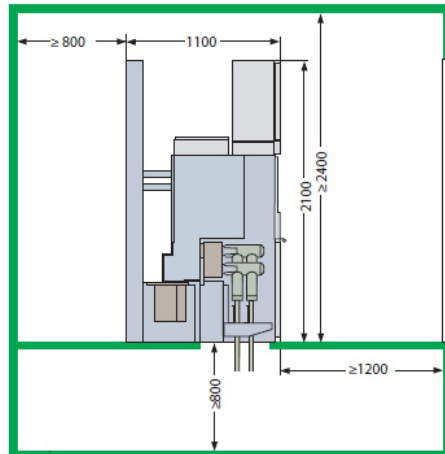


Abbildung 11-1: Raumbedarf GMA ESS Aufstellung im Raum

<sup>18</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GMA, Schneider Electric

## 5 Luftisolierte Schaltanlage ABB ZS1 ESS

Die luftisolierte Schaltanlage ZS1 in Einfachsammschienen Ausführung des Herstellers ABB ist eine typengeprüfte Mittelspannungsschaltanlage für die Primärverteilung mit ausfahrbarem Vakuumleistungsschalter für den Einsatzbereich bis 24kV.

### 5.1 Allgemeines

#### 5.1.1 Technische Daten

Die maximalen technischen Leistungsdaten der ZS1 ESS Schaltanlage sind in Tabelle 5 angeführt<sup>19</sup>:

	12kV	17,5kV	24kV
Bemessungsstrom Sammelschiene	4000A	4000A	4000A
Bemessungsstrom Leistungsschalter	3150A	3150A	2500A
Bemessungsstrom Trennschalter	3150A	3150A	3150A
Bemessungsstrom Lasttrennschalter	630A	630A	630A
Bemessungs-Stossströme	50kA	50kA	31,5kA
Bemessungskurzzeit-Ströme	50kA 3s	50kA 3s	31,5kA 3s

**Tabelle 5: Maximale Leistungsdaten ABB ZS1 ESS**

<sup>19</sup> Mittelspannungsproduktkatalog ABB ZS1 Einfachsammschiene

### 5.1.2 Störlichtbogenqualifikation

Die luftisolierte Mittelspannungsschaltanlage ZS1 ESS hat standardmäßig die Störlichtbogenqualifikation IAC AFLR bei einem Störlichtbogen in den Spannungsebenen von 12kV und 17,5kV von 50kA 1s und in der Spannungsebene 24kV von 31,5kA 1s. Somit erfüllt die luftisolierte Anlage mit Einfachsammschienen-system alle Anforderungen und ist für befugte Personen frei zugänglich.

### 5.1.3 Zugänglichkeit der Schotträume

Eine ZS1 ESS Schaltanlage hat eine LSC-Klassifizierung von LSC2B, da der Sammelschienenraum, Leistungsschalter- und Kabelanschlussraum physikalisch und elektrisch voneinander getrennt sind. Sollte das Feld aus einem Lasttrennschalter als Festeinbau bestehen, hat dieses eine LSC-Klassifizierung von LSC2A, da die Kabel- und Apparaturräume nicht physikalisch und elektrisch abgesondert sind<sup>20</sup>.

## 5.2 Funktionseinheiten

Als Standard- Funktionseinheit besteht die Schaltanlage aus dem Leistungsschalterabgang- als Option gibt es das Lasttrennschalterfeld mit Sicherungen.

### 5.2.1 Funktionseinheit Leistungsschalterabgang

Das Leistungsschalterabgangsfeld besteht aus einem ausfahrbarem Vakuumleistungsschalter VD4, dem Sammelschienenentrennschalter, dem Erdungsschalter, dem Stromwandler und als Option dem Spannungswandler.

#### 5.2.1.1 Leistungsschalter VD4

Der Leistungsschalter VD4 ist ein ausfahrbarer Vakuumleistungsschalter. Die Polteile und der Antriebsmechanismus sind auf einem Metallträger und einer Schubvorrichtung befestigt und ermöglicht, dass man den Leistungsschalter zum Beispiel zur Wartung aus dem Feld ausfahren kann<sup>21</sup>. In Abbildung 12-1 ist der VD4 Leistungsschalter mit der Schubvorrichtung dargestellt.

---

<sup>20</sup> Mittelspannungsproduktkatalog ABB ZS1 Einfachsammschiene

<sup>21</sup> Betriebsanleitung ABB ZS1 Einfachsammschiene



Abbildung 12-1: Leistungsschalter VD4

#### 5.2.1.2 Mechanischer Aufbau

Das Standardfeld der Schaltanlage mit Einfachsammschiene ist in Abbildung 13-1 ersichtlich.

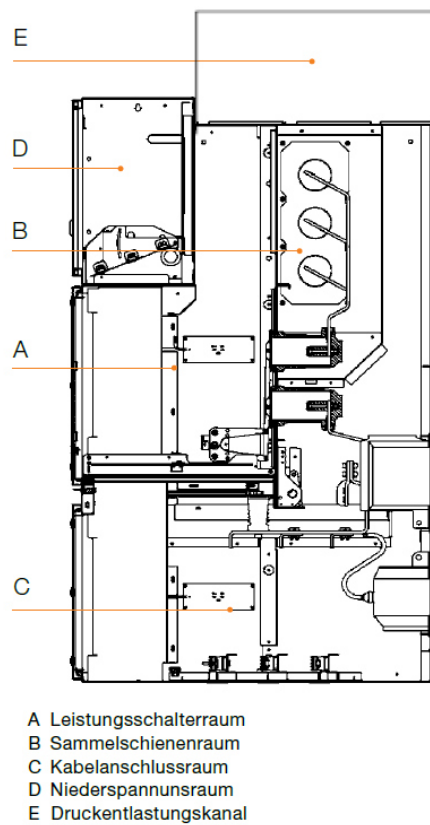


Abbildung 13-1: Aufbau Leistungsschalterfeld ABB ZS1 ESS

### 5.2.1.3 Hauptabmessungen bis 1250A Nennstrom

Bei der luftisolierten Schaltanlage ESS werden die Hauptabmessungen in den drei Spannungsbereichen eingeteilt. In Tabelle 6 sind die Hauptabmessungen in der jeweiligen Spannungsebene inklusive Niederspannungsnische abgebildet<sup>22</sup>.

	12kV	17,5kV	24kV
Breite	650mm	650mm	800mm
Höhe	2200mm	2200mm	2325mm
Tiefe	1340mm	1340mm	<25kA: 1560mm >25kA: 1700mm

**Tabelle 6: Hauptabmessungen Leistungsschalterfeld ABB ZS1 ESS**

## 5.2.2 Funktionseinheitseinheit Lasttrennschalter mit Sicherung

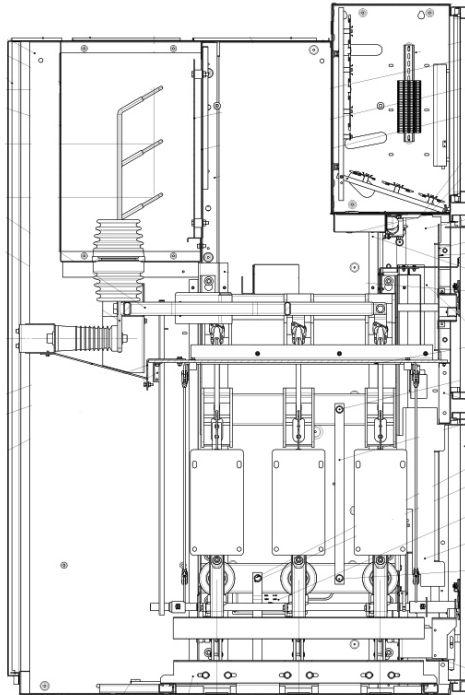
Die Funktionseinheit Lasttrennschalter mit Sicherung kann als optionale Funktion ausgewählt werden. Das Lasttrennschalterfeld besteht aus zwei Leistungsräumen, dem Sammelschienenraum und dem Lasttrennschalter-/ Kabelraum. Jedes Schaltfeld ist mit einem Erdungsschalter für die Erdung der Kabel ausgestattet.

### 5.2.2.1 Mechanischer Aufbau

In Abbildung 14-1 ist der mechanische Aufbau eines Lasttrennschalterfeldes mit Sicherung dargestellt.

---

<sup>22</sup> Betriebsanleitung ABB ZS1 Einfachsammschiene



**Abbildung 14-1: Aufbau Lasttrennschalter mit Sicherung ABB ZS1 ESS**

#### **5.2.2.2 Hauptabmessungen**

Die Funktionseinheit Lasttrennschalter mit Sicherung gibt es nur im Spannungsbereich 12kV und 17,5kV und einem Nennstrom von 630A<sup>23</sup>. Die Hauptabmessungen samt Niederspannungsnische sind in Tabelle 7 dargestellt.

	<b>12kV</b>	<b>17,5kV</b>
Breite	800mm	800mm
Höhe	2200mm	2200mm
Tiefe	1340mm	1340mm

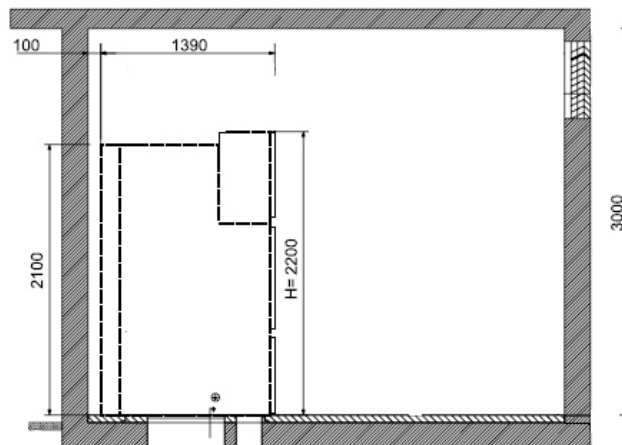
**Tabelle 7: Hauptabmessungen Lasttrennschalter mit Sicherung ABB ZS1 ESS**

<sup>23</sup> Mittelspannungsproduktkatalog ABB ZS1 Einfachsammelschiene



### 5.2.2.3 Raumbedarf

Da die luftisolierte Schaltanlage ZS1 ESS standardmäßig die Störlichtbogenqualifikation IAC AFLR hat, ist eine Aufstellung an der Wand und eine Aufstellung frei im Raum möglich<sup>24</sup>. Zu beachten ist der Mindestabstand zur Wand und die Mindestraumhöhe, wie in Abbildung 15-1 dargestellt. Die Mindestanforderungen gelten für alle Varianten.



**Abbildung 15-1: Raumbedarf ABB ZS1 ESS**

---

<sup>24</sup> Montageanleitung ABB ZS1 Einfachsammeleisen

## 6 Vergleich der Kenndaten ESS

Der Kenndatenvergleich der gasisolierten Schaltanlage GMA ESS vom Hersteller Schneider Electric mit der luftisolierten Schaltanlage ZS1 ESS vom Hersteller ABB ist in Tabelle 8 angeführt.

	<b>GMA ESS</b>	<b>ZS1 ESS</b>
<b>Spannungsebenen</b>	12kV 15/17,5kV 24kV	12kV 17,5kV 24kV
<b>Qualifikation und Klassifizierung</b>		
Störlichtbogenqualifikation	IAC AFL optional IAC AFLR	IAC AFLR
LSC Klassifizierung Leistungsschalterabgang	LSC2A	LSC2B
LSC Klassifizierung Lasttrennschalter	LSC2A	LSC2A
<b>Technische Daten</b>		
Bemessungsstrom Sammelschiene in A	1250A	4000A
Bemessungs- Stossströme	63kA	12kV/17,5kV: 50kA 24kV: 31,5kA
Bemessungskurzzeit-Ströme	25kA 3s	12kV/17,5kV: 50kA 3s 24kV: 31,5kA 3s
Bemessungsstrom Leistungsschalter	1250A	3150A
Bemessungsstrom Trennschalter	1250A	3150A
Bemessungsstrom Lasttrennschalter	630A	630A
<b>Hauptabmessungen (Breite/Höhe/Tiefe)</b>		
<u>Funktionseinheit Leistungsschalterabgang:</u> Variante 630A/12kV,15/17,5kV Variante 1250A/12kV,15/17,5kV Variante 630A/24kV Variante 1250A/24kV	450/2100/800mm 600/2100/800mm 450/2100/800mm 600/2100/800mm	650/2200/1340mm 650/2200/1340mm 800/2325/1560mm 800/2325/1560mm
<u>Funktionseinheit Lasttrennschalter mit Sicherung:</u> Variante 630A/12kV,15/17,5kV Variante 630A 24kV	450/2100/800mm 450/2100/800mm	800/2200/1340mm nicht verfügbar
<b>Raumbedarf</b>		
Möglichkeit Aufstellung an der Wand <i>Mindestabstand zur Wand</i>	JA 100mm	JA 100mm
Möglichkeit Aufstellung frei im Raum <i>ohne Druckentlastungskanal</i> <i>mit Druckentlastungskanal</i>	Nein JA	JA JA

**Tabelle 8: Kenndatenvergleich ESS**

## 7 Gasisolierte Schaltanlage GHA DSS

Die gasisolierte Schaltanlage GHA in Doppelsammelschienen Ausführung des Herstellers Schneider Electric ist eine typengeprüfte Mittelspannungsschaltanlage für die Primärverteilung mit Vakuumleistungsschalter-Technologie für den Einsatzbereich bis 40,5kV. In den folgenden Kapiteln wird die GHA Schaltanlage im Einsatzbereich bis 24kV behandelt.

### 7.1 Allgemeines

#### 7.1.1 Technische Daten

In der unten angeführten Tabelle 9 sind die maximalen technischen Leistungsdaten der GHA DSS Schaltanlage aufgelistet<sup>25</sup>:

	12kV	15/17,5kV	24kV
Bemessungsstrom Sammelschiene	2500A	2500A	2500A
Bemessungsstrom Leistungsschalter	2500A	2500A	2500A
Bemessungsstrom Längskupplung	2500A	2500A	2500A
Bemessungsstrom Querkupplung	2500A	2500A	2500A
Bemessungs-Stossströme	100kA	100kA	100kA
Bemessungskurzzeit-Ströme	40kA 3s	40kA 3s	40kA 3s

**Tabelle 9: Maximale Leistungsdaten GHA Doppelsammelschiene**

<sup>25</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GHA, Schneider Electric

### 7.1.2 Störlichtbogenqualifikation

Die gasisolierte Mittelspannungsschaltanlage GHA DSS hat standardmäßig die Störlichtbogenqualifikation IAC AFL bei einem Störlichtbogen von 40kA 1s. Optional hat sie auch die Störlichtbogenqualifikation von IAC AFLR bei einem Störlichtbogen von 40kA 1s und Installation eines Druckkanals. Dies bedeutet, dass die Schaltanlage für die Vorderseite, für die Seitenflächen und für die Rückseite alle Anforderungen erfüllt und für befugte Personen frei zugänglich ist.

### 7.1.3 Zugänglichkeit der Schotträume

Prinzipiell sind alle gasgefüllten Schotträume der GHA Schaltanlage nicht zugängliche Schotträume, da ein Öffnen die Integrität der gasgefüllten Schotträume zerstören würde.<sup>26</sup> Es besteht jedoch die Notwendigkeit, dass der Kabelanschlussraum für Prüfungen und zum Anschließen zugänglich sein muss<sup>27</sup>. Somit hat die gasisolierte Mittelspannungsschaltanlage eine LSC Klassifizierung von LSC2A.

## 7.2 Funktionseinheiten

Die Funktionseinheiten der Schaltanlage sind der Leistungsschalterabgang, die Längskupplung und die Querkupplung.

### 7.2.1 Funktionseinheit Leistungsschalterabgang

Ein Leistungsschalterabgangsfeld besteht aus einem 3- poligen Vakuumleistungsschalter mit wartungsfreien Vakuum- Schalterpolen, dem 3- poligen Sammelschienenentrennschalter, dem 3- poligen Erdungsschalter, dem Stromwandler und optional dem Spannungswandler. Der Standardabgang mit Leistungsschalter wird bei einem Nennstrom bis 1250A eingesetzt.

---

<sup>26</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GHA, Schneider Electric

<sup>27</sup> Montageanleitung Schaltanlage GHA, Schneider Electric

## 7.2.2 Mechanischer Aufbau

Abbildung 16-1<sup>28</sup> zeigt die Funktionseinheit Leistungsschalterabgang mit der Doppelsammelschiene.



Abgangsfeld DSS

- 1 Sammelschlenengasbehälter SS2
- 2 Sammelschlenengasbehälter SS1
- 3 Leistungsschaltergasraum
- 4 Ringkernstromwandler
- 5 Außenkonusanschluss
- 6 Abtrennvorrichtung für Spannungswandler
- 7 Spannungswandler
- 8 Kabelhalterung
- 9 Kabelraumabdeckung
- 10 Kapazitives Spannungsprüfsystem IVIS
- 11 Isoliergasüberwachung IDIS Anzeigergerät
- 12 Bedienoberfläche
- 13 Niederspannungsschrank
- 14 Sammelschienenverbindung
- 15 Transportlösen

**Abbildung 16-1: Mechanischer Aufbau GHA Leistungsschalterfeld**

<sup>28</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GHA, Schneider Electric

### 7.2.2.1 Hauptabmessungen bis 1250A Nennstrom

In Tabelle 10 sind die Hauptabmessungen der Feldvariante Leistungsschalterabgang bis 1250A inklusive der darauf platzierten Niederspannungsnische dargestellt.

Variante	Breite	Höhe	Tiefe
800-1250A	600mm	2380mm	1700mm

Tabelle 10: Hauptabmessungen LS-Feldvariante GHA DSS

### 7.2.3 Funktionseinheit Längskupplung

Die Längskupplung der gasisolierten Schaltanlage GHA besteht aus dem Leistungsschalter, zwei Trenn- und Erdungsschalter und optional einem Stromwandler. Eine Längskupplung besteht aus zwei Längskupplungsfeldern, eines ist für die Sammelschiene 1 und das andere ist für die Sammelschiene 2<sup>29</sup>.

#### 7.2.3.1 Mechanischer Aufbau

In Abbildung 17-1 ist der mechanische Aufbau der Längskupplung abgebildet.



Abbildung 17-1: Mechanischer Aufbau GHA Längskupplung

<sup>29</sup>Montageanleitung Schaltanlage GHA, Schneider Electric

### 7.2.3.2 Hauptabmessungen

Die Funktionseinheit Längskupplung gibt es in drei Bemessungsbetriebsstromebenen, im Bereich 1600A, 2000A und 2500A<sup>30</sup>. Die Hauptabmessungen inbegriffen Niederspannungsnische sind in Tabelle 11 dargestellt.

	1600A	2000A	2500A
Breite	800mm	800mm	1000mm
Höhe	2380mm	2380mm	2380mm
Tiefe	1700mm	1975mm	2030mm

**Tabelle 11: Hauptabmessungen Längskupplung GHA DSS**

### 7.2.4 Funktionseinheit Querkupplung

Bestandteile der Funktionseinheit Querkupplung sind der Leistungsschalter, zwei Trenn- und Erdungsschalter, dem Stromwandler und optional aus dem Spannungswandler<sup>31</sup>.

#### 7.2.4.1 Mechanischer Aufbau

Der Mechanische Aufbau der Querkupplung ist in Abbildung 18-1 abgebildet.

---

<sup>30</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GHA, Schneider Electric

<sup>31</sup> Montageanleitung Schaltanlage GHA, Schneider Electric

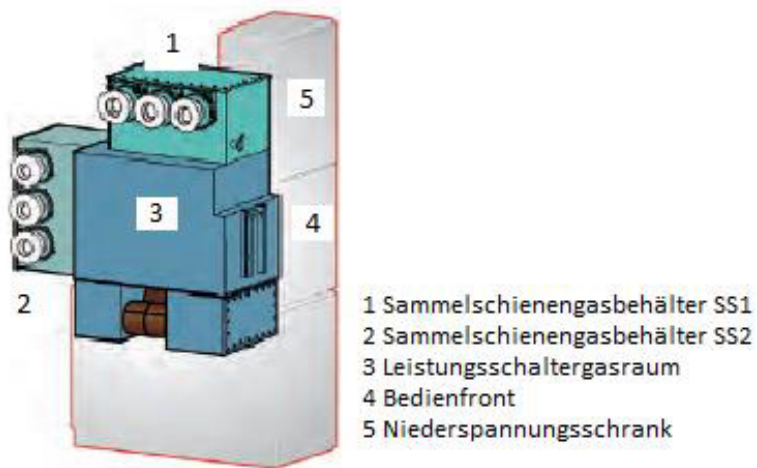


Abbildung 18-1: Mechanischer Aufbau GHA Querkupplung

#### 7.2.4.2 Hauptabmessungen

Die Funktionseinheit Querkupplung wird in drei 3 Varianten unterteilt. Dem Bereich 800-1250A, 1600-2000A und 2500A<sup>32</sup>. Die Hauptabmessungen mit Niederspannungsnische sind in Tabelle 12 dargestellt.

	800-1250A	1600-2000A	2500A
Breite	600mm	600mm	900mm
Höhe	2380mm	2380mm	2380mm
Tiefe	1700mm	1860mm	1860mm

Tabelle 12: Hauptabmessungen Querkupplung GHA DSS

<sup>32</sup> Projektierungshinweise Schaltanlage GHA, Schneider Electric



## 7.2.5 Raumbedarf

Beim Raumbedarf für die Aufstellung einer GHA Schaltanlage wird unterschieden, ob die Anlage an der Wand aufgestellt wird oder ob die Anlage frei im Raum steht. Eine Unterscheidung für die Aufstellung der einzelnen Funktionseinheiten gibt es nicht. Es gelten für alle Varianten die gleichen Vorschriften.

### 7.2.5.1 Aufstellung an der Wand

Wird die Schaltanlage an der Wand aufgestellt, hat diese eine Störlichtbogenqualifikation von IAC AFL. Der Mindestabstand zur Wand muss dabei mindestens 500mm betragen und die Raumhöhe muss mindestens 3000mm hoch sein<sup>33</sup>. In Abbildung 19-1 ist der Raumbedarf für die Aufstellung an der Wand dargestellt.

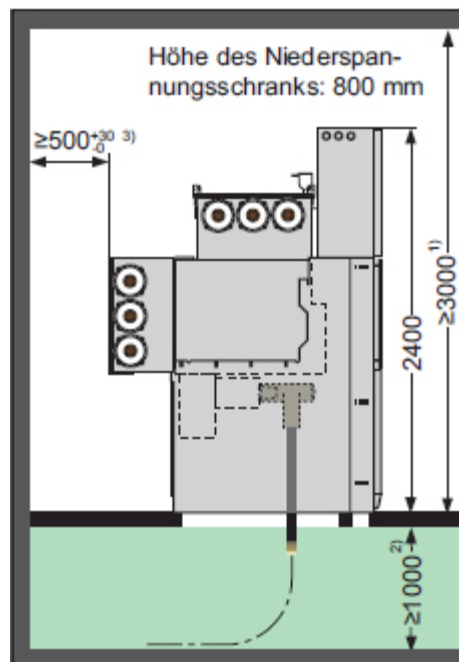


Abbildung 19-1: Raumbedarf GHA DSS Aufstellung an der Wand

<sup>33</sup> Betriebsanleitung Schaltanlage GHA, Schneider Electric

### **7.2.5.2 Aufstellung frei im Raum**

Wird die Anlage frei im Raum aufgestellt, gelten die gleichen Mindestangaben wie unter Kapitel 7.2.5.1 Aufstellung an der Wand, zusätzlich ist die Montage eines Druckkanals erforderlich. Werden diese Kriterien erfüllt, hat die Schaltanlage die Störlichtbogenqualifikation IAC AFLR.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> Betriebsanleitung Schaltanlage GHA, Schneider Electric

## 8 Luftisolierte Schaltanlage ZS1 DSS

Die luftisolierte Schaltanlage ZS1 in Doppelsammelschienen Ausführung des Herstellers ABB ist eine typengeprüfte Mittelspannungsschaltanlage für die Primärverteilung mit ausfahrbarem Vakuumleistungsschalter für den Einsatzbereich bis 24kV.

### 8.1 Allgemeines

#### 8.1.1 Technische Daten

Die maximalen technischen Leistungsdaten der ZS1 DSS Schaltanlage sind in Tabelle 13 ersichtlich<sup>35</sup>:

	12kV	17,5kV	24kV
Bemessungsstrom Sammelschiene	4000A	4000A	2500A
Bemessungsstrom Leistungsschalter	4000A	4000A	2000A
Bemessungsstrom Längskupplung	4000A	4000A	2500A
Bemessungsstrom Querkupplung	4000A	4000A	2500A
Bemessungs-Stossströme	80kA	80kA	63kA
Bemessungskurzzeit-Ströme	31,5kA 3s	31,5kA 3s	31,5kA 3s

**Tabelle 13: Maximale Leistungsdaten ABB ZS1 DSS**

<sup>35</sup> Mittelspannungsproduktkatalog ABB ZS1 Doppelsammelschiene

## 8.1.2 Störlichtbogenqualifikation

Die luftisolierte Mittelspannungsschaltanlage ZS1 DSS hat standardmäßig die Störlichtbogenqualifikation IAC AFLR bei einem Störlichtbogen 31,5kA 1s. Somit erfüllt die luftisolierte Anlage mit Doppelsammelschienenensystem alle Anforderungen und ist für befugte Personen frei zugänglich.

## 8.1.3 Zugänglichkeit der Schotträume

Eine ZS1 DSS Schaltanlage hat eine LSC-Klassifizierung von LSC2B, da der Sammelschienenraum, Leistungsschalter- und Kabelanschlussraum physikalisch und elektrisch voneinander getrennt sind.

## 8.2 Funktionseinheiten

Bei der luftisolierten Schaltanlage in Doppelsammelschienenenausführung gibt es die Funktionseinheiten Leistungsschalterabgang, Querkupplung und Längskupplung.

### 8.2.1 Funktionseinheit Leistungsschalterabgang

Das Leistungsschalterabgangsfeld besteht aus dem ausfahrbarem Vakuumleistungsschalter VD4, dem Sammelschienenentrennschalter, dem Erdungsschalter, dem Stromwandler und als Option dem Spannungswandler. Der Standardabgang mit Leistungsschalter wird mit einem Nennstrom bis 1250A eingesetzt.

#### 8.2.1.1 *Leistungsschalter VD4*

Der Leistungsschalter VD4 ist ein ausfahrbarer Vakuumleistungsschalter. Die Polteile und der Antriebsmechanismus sind auf einem Metallträger und einer Schubvorrichtung befestigt und ermöglicht, dass man den Leistungsschalter wie etwa zur Wartung aus dem Feld ausfahren kann<sup>36</sup>. Der Aufbau des Leistungsschalters VD4 ist gleich wie bei der ABB ZS1 Einfach sammelschienenvariante in Kapitel 5.2.1.1.

---

<sup>36</sup> Betriebsanleitung ABB ZS1 Doppelsammelschiene

### 8.2.1.2 Mechanischer Aufbau

In Abbildung 20-1 ist der mechanische Aufbau der Funktionseinheit Leistungsschalterabgang mit DSS dargestellt.

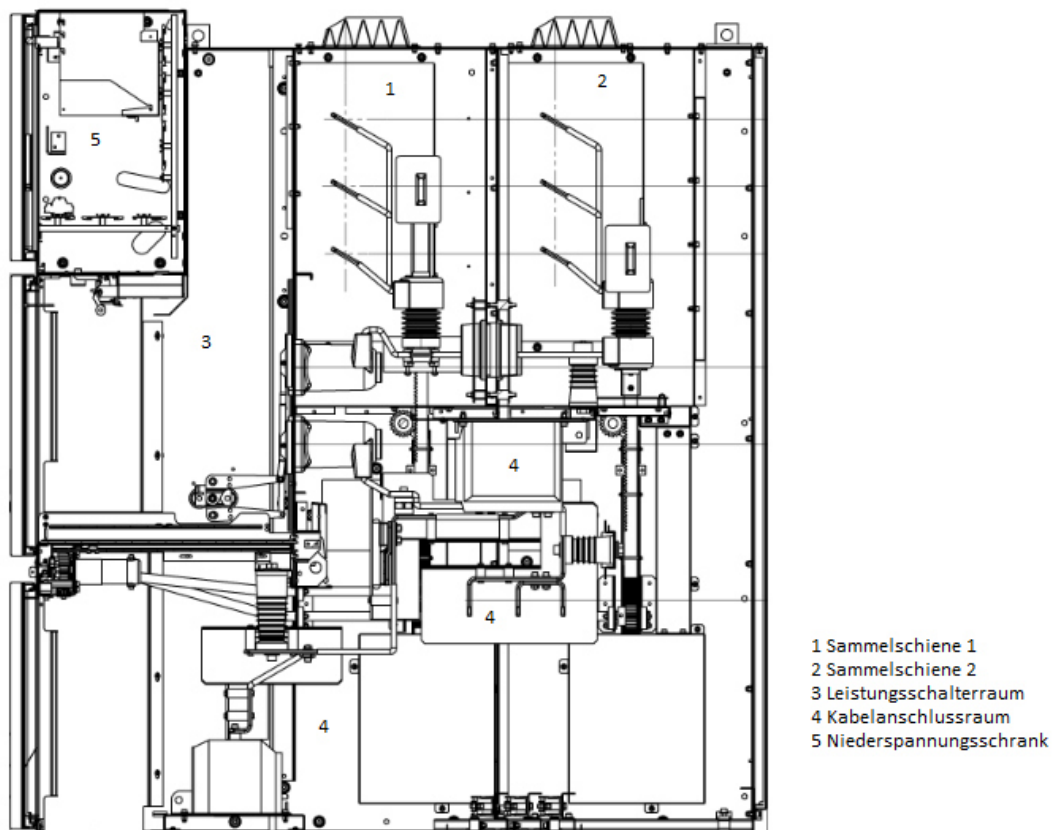


Abbildung 20-1: Mechanischer Aufbau Leistungsschalterabgangsfeld ABB ZS1 DSS

### 8.2.1.3 Hauptabmessungen bis 1250A Nennstrom

Bei der luftisolierten Schaltanlage DSS werden die Hauptabmessungen vom Leistungsschalterabgangsfeld in den drei Spannungsbereichen und in den Nennstrom Varianten 630A und 1250A eingeteilt<sup>37</sup>. Tabelle 14 zeigt die Hauptabmessungen inklusive Niederspannungsschrank.

<sup>37</sup> Betriebsanleitung ABB ZS1 Doppelsammelschiene

	<b>630A</b>	<b>1250A</b>
<b>12kV</b>		
Breite	650mm	650mm
Höhe	2200mm	2200mm
Tiefe	2021mm	2021mm
<b>17,5kV</b>		
Breite	650mm	650mm
Höhe	2200mm	2200mm
Tiefe	2021mm	2021mm
<b>24kV</b>		
Breite	800mm	800mm
Höhe	2400mm	2400mm
Tiefe	2570mm	2570mm

Tabelle 14: Hauptabmessungen LS-Feld ABB ZS1 DSS

## 8.2.2 Funktionseinheit Längskupplung

Die Längskupplung der luftisolierten ZS1 DSS Schaltanlage besteht aus dem Leistungsschalter, Trenn- und Erdungsschalter und optional aus dem Stromwandler. Eine Längskupplung besteht aus zwei Längskupplungsfeldern. Eines ist für die Sammelschiene 1 und das andere ist für die Sammelschiene 2.

### 8.2.2.1 Mechanischer Aufbau

Der mechanische Aufbau der zwei benötigten Längskupplungsfelder ist in Abbildung 21-1 dargestellt.

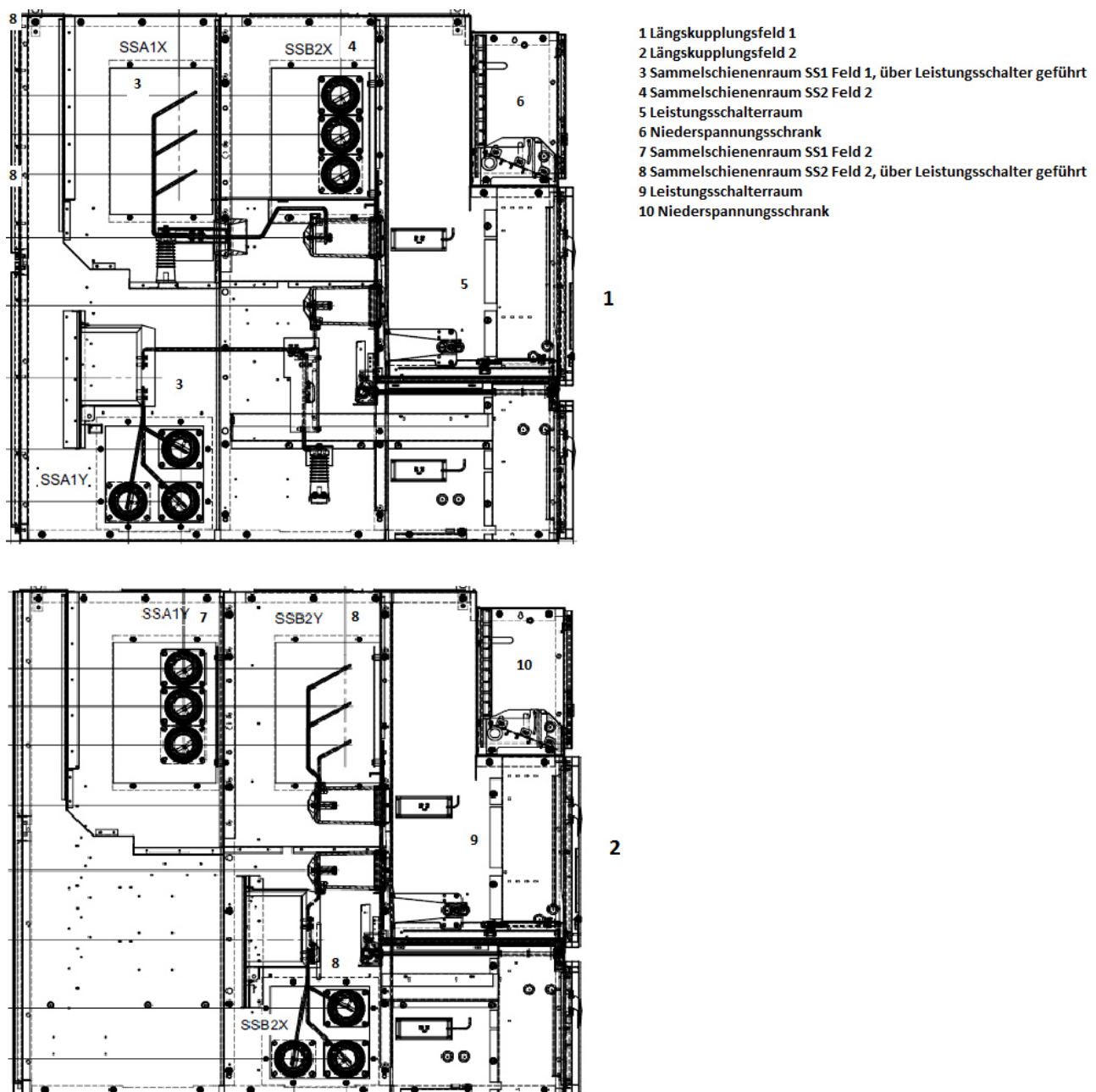


Abbildung 21-1: Mechanischer Aufbau Längskupplung ABB ZS1 DSS

**8.2.2.2 Hauptabmessungen**

Beim Längskupplungsfeld werden die Hauptabmessungen in den drei Spannungsbereichen und in den Nennstrom Varianten 1250A, 1600A, 2000A und 2500A eingeteilt<sup>38</sup>. Die Hauptabmessungen inklusive Niederspannungsschränken sind in Tabelle 15 dargestellt.

	<b>1250A</b>	<b>1600A</b>	<b>2000A</b>	<b>2500A</b>
<b>12kV</b>				
Breite	650mm	800mm	800mm	1000mm
Höhe	2200mm	2200mm	2200mm	2200mm
Tiefe	2021mm	2021mm	2021mm	2021mm
<b>17,5kV</b>				
Breite	650mm	800mm	800mm	1000mm
Höhe	2200mm	2200mm	2200mm	2200mm
Tiefe	2021mm	2021mm	2021mm	2021mm
<b>24kV</b>				
Breite	800mm	1000mm	1000mm	1000mm
Höhe	2400mm	2400mm	2400mm	2400mm
Tiefe	2570mm	2570mm	2570mm	2570mm

**Tabelle 15: Hauptabmessungen Längskupplung ABB ZS1 DSS**

<sup>38</sup> Betriebsanleitung ABB ZS1 Doppelsammelschiene



### 8.2.3 Funktionseinheit Querkupplung

Bestandteile der Funktionseinheit Querkupplung sind der Leistungsschalter, Trenn- und Erdungsschalter und optional der Stromwandler<sup>39</sup>.

#### 8.2.3.1 Mechanischer Aufbau

In Abbildung 22-1 ist der mechanische Aufbau der Funktionseinheit Querkupplung ersichtlich.

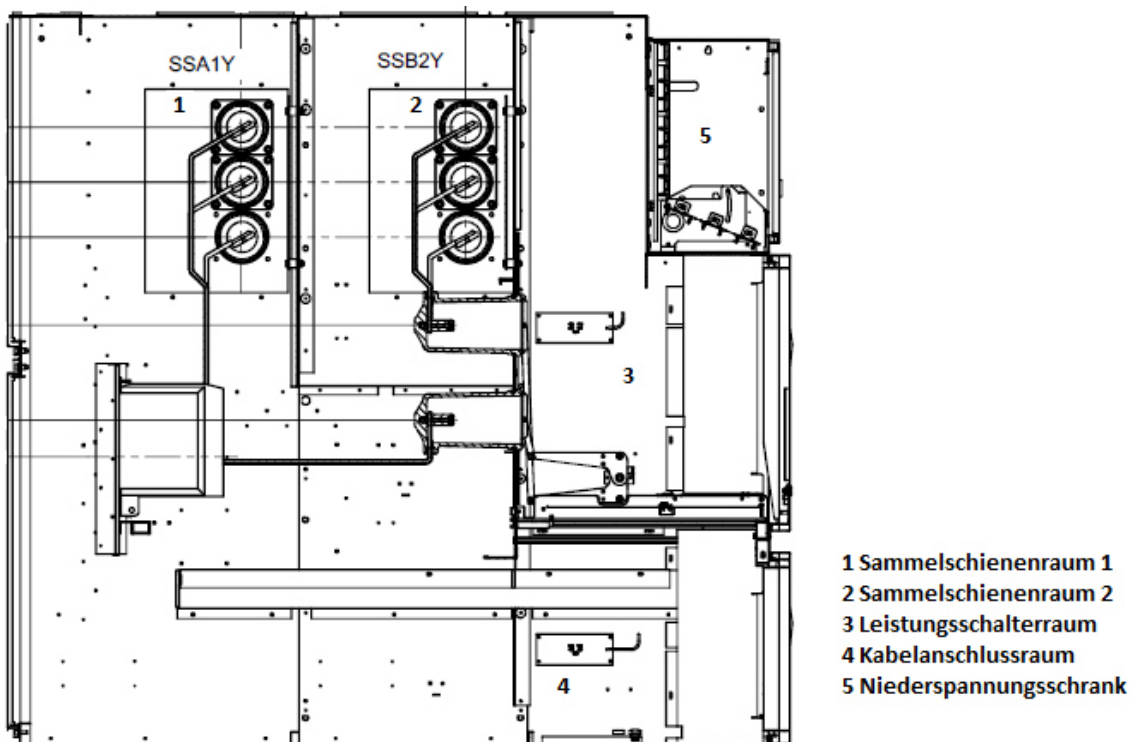


Abbildung 22-1: Mechanischer Aufbau Querkupplung ABB ZS1 DSS

#### 8.2.3.2 Hauptabmessungen

Beim Längskupplungsfeld werden die Hauptabmessungen in den drei Spannungsbereichen und in den Nennstrom Varianten 1250A, 1600A, 2000A und 2500A gegliedert<sup>40</sup>. Die Hauptabmessungen mit den Niederspannungsschränken sind in Tabelle 16 dargestellt.

<sup>39</sup> Mittelspannungsproduktkatalog ABB ZS1 Doppelsammelschiene

<sup>40</sup> Betriebsanleitung ABB ZS1 Doppelsammelschiene

	<b>1250A</b>	<b>1600A</b>	<b>2000A</b>	<b>2500A</b>
<b>12kV</b>				
Breite	650mm	800mm	800mm	1000mm
Höhe	2200mm	2200mm	2200mm	2200mm
Tiefe	2021mm	2021mm	2021mm	2021mm
<b>17,5kV</b>				
Breite	650mm	800mm	800mm	1000mm
Höhe	2200mm	2200mm	2200mm	2200mm
Tiefe	2021mm	2021mm	2021mm	2021mm
<b>24kV</b>				
Breite	800mm	1000mm	1000mm	1000mm
Höhe	2400mm	2400mm	2400mm	2400mm
Tiefe	2570mm	2570mm	2570mm	2570mm

**Tabelle 16: Hauptabmessungen Querkupplung ABB ZS1 DSS**

### **8.2.4 Raumbedarf**

Aufgrund der standardmäßigen Störlichtbogenqualifikation IAC AFLR, ist eine Aufstellung an der Wand und eine Aufstellung frei im Raum möglich<sup>41</sup>. Zu beachten ist der Mindestabstand zur Wand der 500mm beträgt und die Mindestraumhöhe von 3000mm.

---

<sup>41</sup> Montageanleitung ABB ZS1 Doppelsammelschiene

## 9 Vergleich der Kenndaten DSS

Der Kenndatenvergleich der gasisolierten Schaltanlage GHA DSS vom Hersteller Schneider Electric mit der luftisolierten Schaltanlage ZS1 DSS vom Hersteller ABB ist in der Tabelle 17 angeführt.

	<b>GHA DSS</b>	<b>ZS1 DSS</b>
<b>Spannungsebenen</b>	12kV 15/17,5kV 24kV	12kV 17,5kV 24kV
<b>Qualifikation und Klassifizierung</b>		
Störlichtbogenqualifikation	IAC AFL optional IAC AFLR	IAC AFLR
LSC Klassifizierung	LSC2A	LSC2B
<b>Technische Daten</b>		
Bemessungsstrom Sammelschiene in A	2500A	12kV/17,5kV: 4000A 24kV: 2500A
Bemessungs- Stossströme	100kA	12kV/17,5kV: 80kA 24kV: 63kA
Bemessungskurzzeit-Ströme	40kA 3s	31,5kA 3s
Bemessungsstrom Leistungsschalter	2500A	12kV/17,5kV: 4000A 24kV: 2000A
Bemessungsstrom Längskupplung	2500A	2500A
Bemessungsstrom Querkupplung	2500A	2500A
<b>Hauptabmessungen (Breite/Höhe/Tiefe)</b>		
<u>Funktionseinheit Leistungsschalterabgang:</u> <i>Variante 630A/12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 800A/12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 1250A/12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 630A/24kV</i> <i>Variante 800A/24kV</i> <i>Variante 1250A/24kV</i>	nicht verfügbar 600/2380/1700mm 600/2380/1700mm nicht verfügbar 600/2380/1700mm 600/2380/1700mm	650/2200/2021mm nicht verfügbar 650/2200/2021mm 800/2400/2570mm nicht verfügbar 800/2400/2570mm
<u>Funktionseinheit Längskupplung:</u> <i>Variante 1250A/12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 1600A/ 12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 2000A/ 12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 2500A/ 12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 1250A/24kV</i> <i>Variante 1600A/ 24kV</i> <i>Variante 2000A/ 24kV</i> <i>Variante 2500A/ 24kV</i>	nicht verfügbar 800/2380/1700mm 800/2380/1975mm 1000/2380/2030mm nicht verfügbar 800/2380/1700mm 800/2380/1975mm 1000/2380/2030mm	650/2200/2021mm 800/2200/2021mm 800/2200/2021mm 1000/2200/2021mm 800/2400/2570mm 1000/2400/2570mm 1000/2400/2570mm 1000/2400/2570mm
<u>Funktionseinheit Querkupplung:</u> <i>Variante 800A/12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 1250A/12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 1600A/ 12kV,15/17,5kV</i> <i>Variante 2000A/ 12kV,15/17,5kV</i>	600/2380/1700mm 600/2380/1700mm 600/2380/1860mm 600/2380/1860mm	nicht verfügbar 650/2200/2021mm 800/2200/2021mm 800/2200/2021mm

<i>Variante 2500A/ 12kV,15/17,5kV</i>	900/2380/1860mm	1000/2200/2021mm
<i>Variante 800A/24kV</i>	600/2380/1700mm	nicht verfügbar
<i>Variante 1250A/24kV</i>	600/2380/1700mm	800/2400/2570mm
<i>Variante 1600A/ 24kV</i>	600/2380/1860mm	1000/2400/2570mm
<i>Variante 2000A/ 24kV</i>	600/2380/1860mm	1000/2400/2570mm
<i>Variante 2500A/ 24kV</i>	900/2380/1860mm	1000/2400/2570mm
<b>Raumbedarf</b>		
Möglichkeit Aufstellung an der Wand <i>Mindestabstand zur Wand</i>	JA 500mm	JA 500mm
Möglichkeit Aufstellung frei im Raum <i>ohne Druckentlastungskanal</i> <i>mit Druckentlastungskanal</i>	Nein JA	JA JA

Tabelle 17: Kenndatenvergleich DSS

## 10 Auswahl der Mittelspannungsschaltanlage

Bei der Auswahl der geeigneten Mittelspannungsschaltanlage anhand vorgegebener Kundenausschreibung geht man nach folgenden vier Punkten vor:

1. Vergleich der ausgeschriebenen Kenndaten
2. Raumbedarfsermittlung mittels CAD
3. Berechnung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall
4. Kostenvergleich

In den folgenden Kapiteln wird als Beispiel die Auswahl der geeigneten Mittelspannungsschaltanlage anhand einer Ausschreibung von einem Kleinumspannwerk beschrieben.

In Anlage A.1 ist das Einlinienschema mit den Ausschreibungsdaten der Mittelspannungsschaltanlage angehängt.

### 10.1 Ausschreibung

Aus der Ausschreibung für ein Kleinumspannwerk der Kategorie Mittelspannungsschaltanlage gehen folgende Daten hervor<sup>42</sup>:

- Bemessungsbetriebsspannung 5,5kV
- Bemessungsstrom der Sammelschiene 1250A
- Bemessungskurzzeitströme 25kA/3s
- Doppelsammelschienenensystem
- Feldvarianten Schaltanlage
  - 7x Leistungsschalterabgangsfeld
  - 1x Querkupplungsfeld
- Druckentlastung nach oben in den Schaltanlagenraum
- Störlichtbogenqualifikation IAC AFL
- Klassifizierung für den Zugang der Schotträume LSC2A
- Gebäude:
  - Wandstärke der bewehrten Ziegelwand: 0,1m
  - Größe Schaltanlagenraum: 4x7,50x3,90m
  - Bestehende Druckentlastungsklappe 0,626m<sup>2</sup>

---

<sup>42</sup> Beispielausschreibung entnommen aus Intranet.eqos-energie.com\Dokumentenregister\Ausschreibungen

## 10.2 Vergleich der Kenndaten

Mit Hilfe der Kenndatenvergleichstabelle für die Doppelsammelschienenanlagen aus Kapitel 9 ergibt sich, dass für dieses geplante Kleinumspannwerk die gasisolierte GHA DSS Anlage und die luftisolierte ZS1 DSS Anlage den Anforderungen entspricht. Tabelle 18 zeigt die Spezifikation der beiden Anlagen für diese Ausschreibung.

	<b>GHA DSS</b>	<b>ZS1 DSS</b>
<b>Spannungsebene</b>	5,5kV	5,5kV
<b>Qualifikation und Klassifizierung</b>		
Störlichtbogenqualifikation	IAC AFL	IAC AFLR
LSC Klassifizierung	LSC2A	LSC2B
<b>Technische Daten</b>		
Bemessungsstrom Sammelschiene in A	1250A	1250A
Bemessungs- Stossströme	100kA	80kA
Bemessungskurzzeit-Ströme	25kA 3s	25kA 3s
Bemessungsstrom Leistungsschalter	1250A	1250A
Bemessungsstrom Querkupplung	1250A	1250A
<b>Hauptabmessungen (Breite/Höhe/Tiefe)</b>		
<u>Funktionseinheit Leistungsschalterabgang:</u> <i>Variante 1250A/12kV</i>	600/2380/1700mm	650/2200/2021mm
<u>Funktionseinheit Querkupplung:</u> <i>Variante 1250A/12kV</i>	600/2380/1700mm	650/2200/2021mm
<b>Raumbedarf</b>		
Aufstellung an der Wand <i>Mindestabstand zur Wand</i>	JA 500mm	JA 500mm

**Tabelle 18: Schaltanlagenpezifikation laut Ausschreibung**

Nach Abgleich der Kenndaten können beide Varianten für das Bauvorhaben des Kleinumspannwerkes eingesetzt werden.

## 10.3 Raumbedarfsermittlung CAD

Die Raumbedarfsermittlung erfolgt anhand des zur Verfügung gestellten Grundrisses des Schaltanlagenraums und dient der Überprüfung, ob alle Mindestabstände eingehalten werden können und ob genügend Platz für die jeweilige Schaltanlagenvarianten besteht.

### 10.3.1 Raumbedarfsermittlung GHA DSS

Wie bereits in Kapitel 7.2.5.1 beschrieben, muss bei der gasisolierten GHA DSS Schaltanlage der Mindestabstand bei der Variante Aufstellung an der Wand von 500 mm eingehalten werden. Abbildung 23-1 zeigt die Raumbedarfsplanung der gasisolierten Schaltanlage GHA DSS.

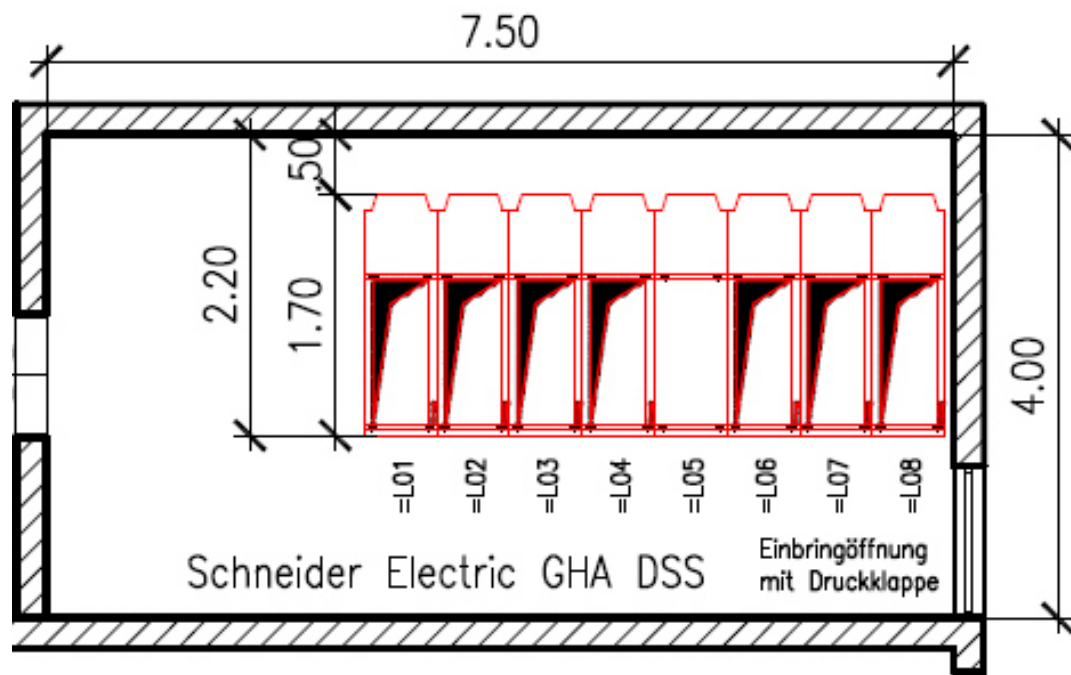


Abbildung 23-1: Raumbedarfsermittlung GHA DSS

### 10.3.2 Raumbedarfsermittlung ZS1 DSS

Wie in Kapitel 8.2.4 beschrieben, muss bei der luftisolierten ZS1 DSS Schaltanlage der Mindestabstand von 500 mm eingehalten werden. Abbildung 24-1 zeigt die Raumbedarfsplanung der luftisolierten Schaltanlage ZS1 DSS.

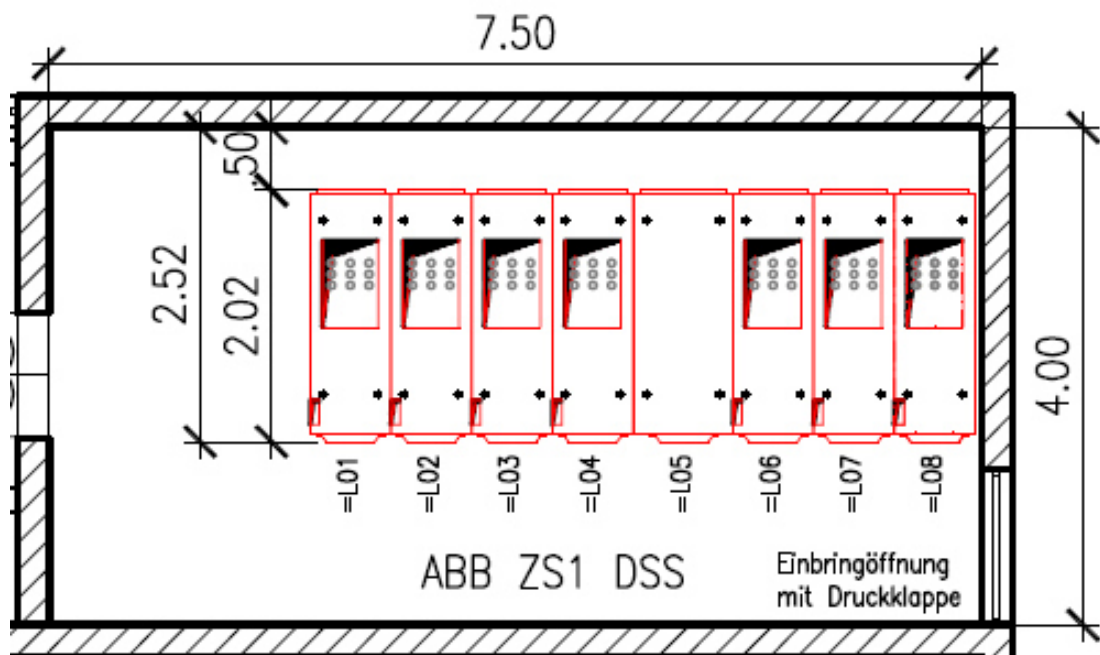


Abbildung 24-1: Raumbedarfsermittlung ABB ZS1 DSS



## 10.4 Berechnung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall

Die Berechnung des Druckanstiegs erfolgt anhand der Daten aus der Ausschreibung und der Größe der ausgewählten Schaltanlage. Anwendung erfolgt wie im Kapitel 4 beschrieben.

### 10.4.1 Berechnung GHA DSS

In Abbildung 25-1 ist die Eingabe der Kenndaten der gasisolierten Schaltanlage in der Berechnungsanwendung dargestellt. Abbildung 26-1 zeigt die Auswertung für den Druckanstieg im Störlichtbogenfall.

#### Abschätzung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall

Kunde:  
Projekt:  
Anlage: Beispiel Diplomarbeit  
Schaltanlage: Schneider GHA DSS

#### Vorbemerkungen/Grundlagen

##### Aufstellungsplan

Die vom Hersteller geforderten Mindestabstände zw. Schaltanlage und Wänden bzw. Decke sind einzuhalten.

Die Druckentlastung der Schaltanlage erfolgt:  
Kabelanschlußraum: nach hinten und oben in den Schaltanlagenraum.  
Geräteraum: nach hinten und oben in den Schaltanlagenraum.

#### Basisdaten

Anz.	Breite	Tiefe	Höhe	Volumen	Bemerkung
<b>Raumteile</b>					
1	4,00 m	7,50 m	3,90 m	117,00 m <sup>3</sup>	Schaltraum
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
				117,00 m <sup>3</sup>	Raumvolumen
<b>Einbauten</b>					
7	0,60 m	1,70 m	2,38 m	16,99 m <sup>3</sup>	GHA DSS LS Feld
1	0,60 m	1,70 m	2,38 m	2,43 m <sup>3</sup>	GHA DSS Querkupplung
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m <sup>3</sup>	
				19,42 m <sup>3</sup>	Einbauten
				<b>V<sub>N</sub> = 97,58 m<sup>3</sup></b>	<b>Netto-Raumvolumen</b>

Abbildung 25-1: Basisdaten für Berechnung GHA DSS

Abschätzung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall

Kunde:		
Projekt:		
Anlage:	Beispiel Diplomarbeit	
Schaltanlage:	Schneider GHA DSS	
Raumvolumen in m³:	$V_N = 97,58 \text{ m}^3$	(Netto-Volumen)
Druckentlastung effektiver Querschnitt in m²:	$A_{oe} = 0,626 \text{ m}^2$	Netto Lüftungsquerschnitt
Wandstärke in m:	$l_{oe} = 0,1 \text{ m}$	
Kurzschlußstrom in A:	$I_k'' = 25.000 \text{ A}$	
Empirisch ermittelte Faktoren / Konstanten		
Anteil der Lichtbogenleistung, die zur Erwärmung der Luft beiträgt	$K_p = 0,7$	Transferkoeffizient (Richtwert aus div. Publikationen)
Lichtbogenspannung in V	$U_B = 950 \text{ V}$	Richtwert (aus Literatur) für SF6-isolierte Anlage
Lichtbogendauer 1s, Auflösung/Zeilschritt	$\Delta t = 0,4 \text{ ms}$	(Darstellung 1s=1.000ms)

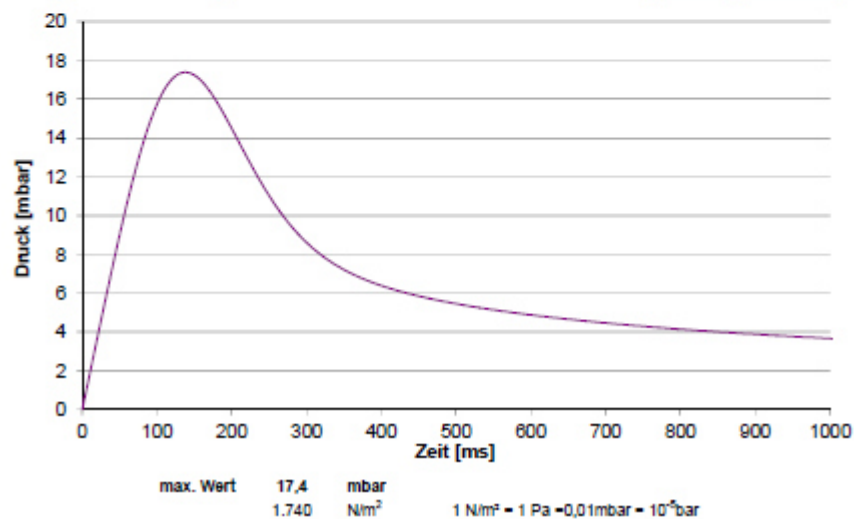


Abbildung 26-1: Ergebnis Berechnung GHA DSS

Der maximale Druckanstieg im Störlichtbogenfall beträgt bei der gasisolierten Schaltanlage **GHA DSS 17,4 mbar**. Da das Gebäude für einen maximalen Druck von 25 mbar ausgelegt ist, kann die Schaltanlage ohne weitere Maßnahmen eingesetzt werden.

## 10.4.2 Berechnung ABB ZS1

In Abbildung 27-1 ist die Eingabe der Kenndaten der luftisolierten Schaltanlage in der Berechnungsanwendung dargestellt. Abbildung 28-1 zeigt die Auswertung für den Druckanstieg im Störlichtbogenfall.

### Abschätzung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall

Kunde:   
 Projekt :   
 Anlage: Beispiel Diplomarbeit   
 Schaltanlage: ABB ZS1 DSS

#### Vorbemerkungen/Grundlagen

##### Aufstellungsplan

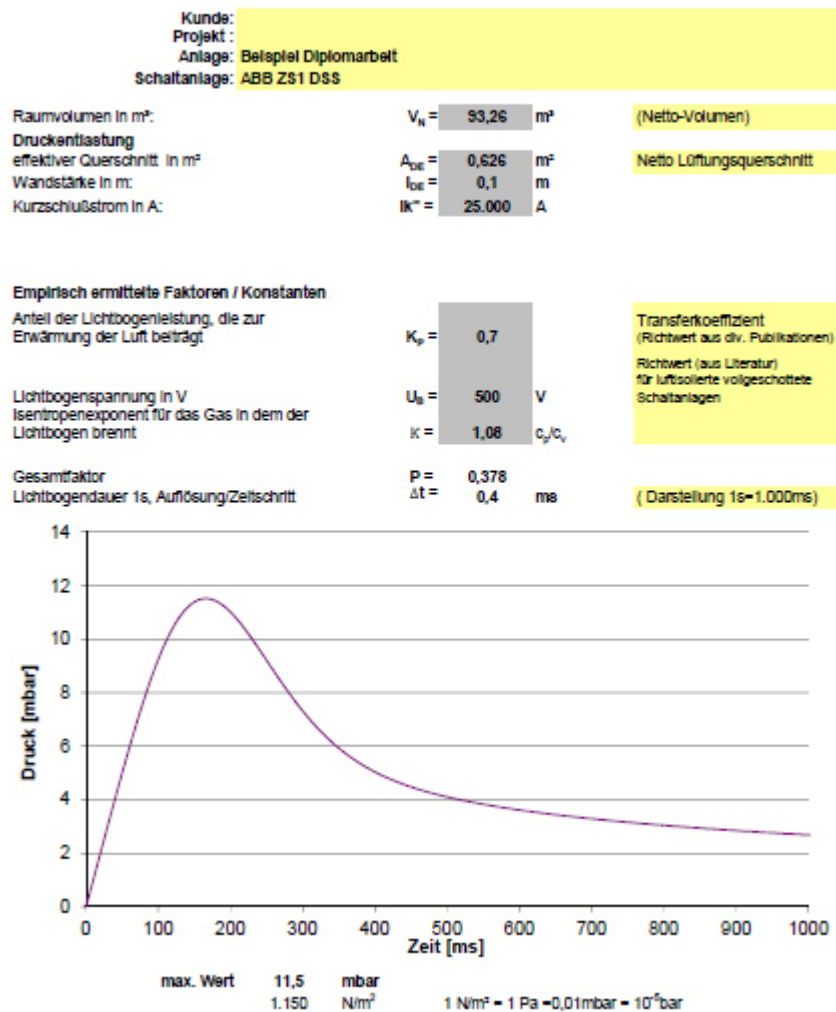
Die vom Hersteller geforderten Mindestabstände zw. Schaltanlage und Wänden bzw. Decke sind einzuhalten.

Die Druckentlastung der Schaltanlage erfolgt:  
 Kabelanschlußraum: nach oben in den Schaltanlagenraum.  
 Geräteraum: nach oben in den Schaltanlagenraum.

#### Basisdaten für Fehlerort

	Anz.	Breite	Tiefe	Höhe	Volumen	Bemerkung
<b>Raumteile</b>						
1	4,00 m	7,50 m	3,90 m	117,00 m³	Schaltraum	
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
					117,00 m³	Raumvolumen
<b>Einbauten</b>						
7	0,65 m	2,02 m	2,20 m	20,22 m³	ZS1 DSS LS Feld ZS1 DSS Querkupplung	
1	0,65 m	2,02 m	2,68 m	3,52 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
0	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m³		
					23,74 m³	Einbauten
					V <sub>N</sub> = 93,26 m³	Netto-Raumvolumen

Abbildung 27-1: Basisdaten für die Berechnung ABB ZS1 DSS

**Abschätzung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall****Abbildung 28-1: Ergebnis Berechnung ABB ZS1**

Der maximale Druckanstieg im Störlichtbogenfall beträgt bei der luftisolierten Schaltanlage **ZS1 DSS 11,5 mbar**, somit hat sie einen geringeren Druckanstieg um 5,9 mbar im Störlichtbogenfall als die gasisolierte Schaltanlage GHA DSS. Da der maximale Druck des Gebäudes mit 25 mbar ausgelegt ist, kann die Schaltanlage ohne weitere Maßnahmen eingesetzt werden.

## 10.5 Kostenvergleich

Der Kostenvergleich erfolgt nach Übermittlung der Ausschreibungsunterlagen an den Schaltanlagenlieferanten ABB und Schneider Electric und Erhalt des jeweiligen Angebotes. Preise aus vorhergehenden Projekten mit ähnlichen Anforderungen an die Schaltanlage können nicht verwendet werden, da es für jedes neue Bauvorhaben verpflichtend ist ein neues Angebot einzuholen, da eine kleinste Abweichung den Preis seitens Hersteller erhöhen oder verringern kann.

### 10.5.1 Gegenüberstellung der Kosten

In Tabelle 19 ist die Gegenüberstellung der Kosten<sup>43</sup> dargestellt.

Schaltanlage		Einzelpreise		Gesamtpreis	
Menge	Schaltanlagenfeld	GHA	ZS1	GHA	ZS1
7	Leistungsschalterabgangsfeld 1250A	27.680€	23.325€	193.760€	163.275€
1	Querkupplungsfeld 1250A	23.268€	19.695€	23.268€	19.695€
<b>Transport</b>		825€	780€	825€	780€
<b>Gesamtkosten</b>				<b>217.853€</b>	<b>183.750€</b>

**Tabelle 19: Kostenvergleich GHA DSS mit ABB ZS1**

Die Aufstellung der Kosten hat ergeben, dass die Kosten der luftisolierte ZS1 DSS Schaltanlage, gegenüber der gasisolierten Schaltanlage GHA DSS um 34.103€ für das ausgeschriebene Projekt günstiger sind.

---

<sup>43</sup> Entnommen aus den jeweiligen Angeboten der Schaltanlagenlieferanten

## 10.6 Zusammenfassung

Nachdem man die beiden Schaltanlagenvarianten nach den vier Punkten untersucht und verglichen hat, erhält man nun folgende Zusammenfassung:

- Der Kenndatenvergleich hat ergeben, dass beide Varianten zum Einsatz kommen können.
- Bei der Raumbedarfsermittlung können beide Varianten die Mindestabstände einhalten und der Raum ist für beide Varianten groß genug.
- Die Abschätzung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall hat ergeben, dass die luftisolierte Variante zwar einen geringeren Druck als die gasisolierte Variante hat, jedoch ist dies nicht ausschlaggebend, da beide den maximalen Druck des Gebäudes nicht überschreiten.
- Der Kostenvergleich hat ergeben, dass die luftisolierte Variante um 34.103€ günstiger als die gasisolierte Variante ist.

Betrachtet man nur die technischen Aspekte, so können beide Varianten für das Bauvorhaben angeboten werden. Aus kalkulatorischer Sicht ist für das Bauvorhaben die luftisolierte **ZS1 DSS** Schaltanlage vom Hersteller ABB die bevorzugtere Variante.

## 11 Ausblick

Da diese Diplomarbeit in Zusammenarbeit mit meinem Unternehmen erstellt wurde und diese von den beteiligten Personen innerhalb der Planungsabteilung nach erfolgreicher Verteidigung dieser Arbeit verwendet wird, bin ich damit beauftragt worden, diese Arbeit in einen Leitfaden für die Planungsabteilung umzuwandeln. Des Weiteren werde ich nach den gleichen Gesichtspunkten die Varianten im Bereich von 24kV-40,5kV vergleichen und ausarbeiten und somit einen Gesamtüberblick aller Mittelspannungsschaltanlagen, die in unserem Unternehmen eingesetzt werden, schaffen.

## Literatur

- [1] Knies, Wilfried; Schierack, Klaus: Elektrische Anlagentechnik  
6. Auflage, München, Carl Hanser Verlag, 2015
  
- [2] Flosdorff, Rene; Hilgarth, Günther: Elektrische Energieverteilung  
9. Auflage, Wiesbaden, Vieweg+Teubner, 2008
  
- [3] Cerbe, Günter; Gernot Wilhelms: Technische Thermodynamik  
17. Auflage, München, Carl Hanser Verlag, 2013
  
- [4] Schneider Electric: Projektierungshinweise Schaltanlage GHA/GMA
  
- [5] Schneider Electric: Montageanleitung Schaltanlage GHA/GMA
  
- [6] Schneider Electric: Betriebsanleitung Schaltanlage GHA/GMA
  
- [7] Kämpfer, Stefan; Kopatsch, Gerald: ABB Schaltanlagenhandbuch  
12. Auflage, Amorbach, 2015
  
- [8] ABB: Montageanleitung Unigear ZS1
  
- [9] ABB: Betriebsanleitung Unigear ZS1
  
- [10] ABB: Mittelspannungsproduktkatalog Unigear ZS1
  
- [11] Eqos-Energie: Intranet.eqos-energie.com



**Anlagen**

Anlage .....A-I

# Anlage

Anlage A.1 zeigt das Einlinienschema für die Kenndaten des Kleinumspannwerkes für die Auswahl der Mittelspannungsschaltanlage Kapitel 11.

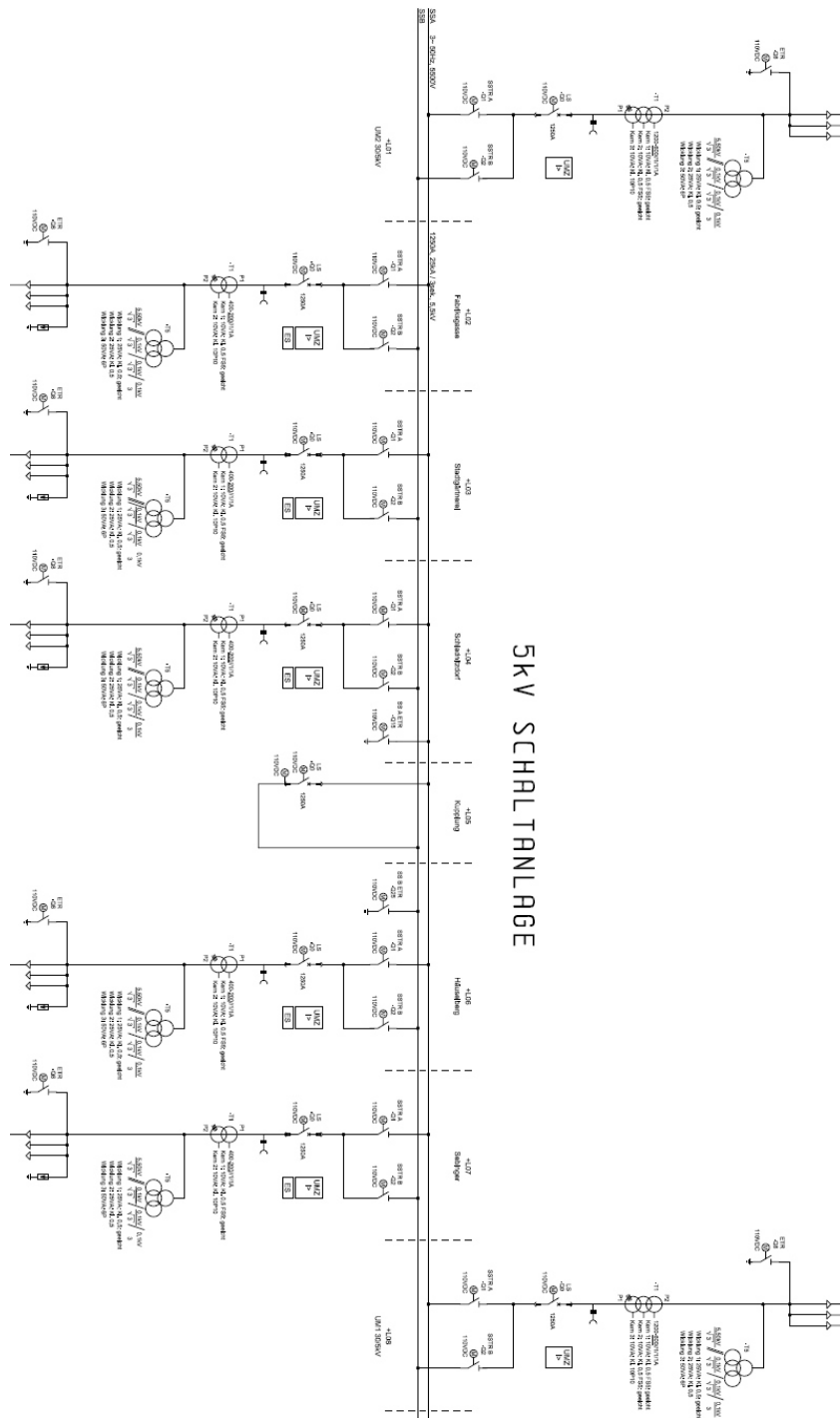


Abbildung A.1: Einlinienschema KUV



## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Gössendorf, den 17.01.2017

Dominik Kravanja